

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Mecànica**

**DISSENY I MUNTATGE D'UNA ESTRUCTURA MECÀNICA PER  
ADQUIRIR PARÀMETRES DEL SÒL**



**Memòria-Pressupost-Annexos**

**Autor:** Xavier Malla Montagut  
**Director:** Antoni Grau Saldes  
**Convocatòria:** Juny 2018





## **Resum**

El següent treball tracta sobre el procediment de disseny, fabricació i muntatge d'un aparell mecànic amb forma de braç articulat per a l'obtenció de dades del sòl, com poden ser: humitat, temperatura i conductivitat elèctrica.

L'estructura, accionada per motors elèctrics, estarà formada per xapa d'alumini fent ús de la optimització per topologia, és a dir, dissenyar de tal manera que el pes sigui mínim i que al mateix temps sigui capaç de resistir les suficients forces i sol·licitacions per tal que no es trenqui. L'aparell estarà unit al robot mòbil Pioneer 2-AT, un vehicle tot-terreny elèctricament motoritzat usat en la recerca i prototipatge d'aplicacions de mapeig, navegació, monitorització i altres comportaments.

El treball dona resposta al problema o escassetat d'automatització a l'hora de prendre dades d'un terreny, ja sigui agrícola o edificable. L'avantatge que suposa és obtenir paràmetres molt més precisos, tan de mesura, com la localització d'aquesta, ja que al estar unida al robot li podem ordenar quin tipus de trajecte segueixi dins d'una àrea determinada. Gràcies a això, serà possible crear mapes de colors d'una zona i poder apreciar les diferències quantitatives de les dades obtingudes.

El resultat d'aquest projecte és la creació d'un prototip preparat per la seva posada en marxa, ja que no s'especificarà en la part d'electrònica, sinó en la mecànica en si.



## Resumen

El siguiente trabajo trata sobre el procedimiento de diseño, fabricación y montaje de un aparato mecánico con forma de brazo articulado para la obtención de datos del suelo, como pueden ser: humedad, temperatura y conductividad eléctrica.

La estructura, accionada por motores eléctricos, estará formada por chapa de aluminio haciendo uso de la optimización por topología, es decir, diseñar de tal manera que el peso sea mínimo y que al mismo tiempo sea capaz de resistir las suficientes fuerzas y sollicitaciones para que no se rompa. El aparato estará unido al robot móvil Pioneer 2-AT, un vehículo todoterreno eléctricamente motorizado usado en la investigación y prototipado de aplicaciones de mapeo, navegación, monitorización y otros comportamientos.

El trabajo da respuesta al problema o escasez de automatización a la hora de tomar datos de un terreno, ya sea agrícola o edificable. La ventaja que supone es obtener parámetros mucho más precisos, ya sea de medida, como la localización de la misma, ya que al estar unida al robot le podemos ordenar qué tipo de trayecto queramos que siga dentro de un área determinada. Gracias a ello, será posible crear mapas de colores de una zona y poder apreciar las diferencias cuantitativas de los datos obtenidos.

El resultado de este proyecto es la creación de un prototipo preparado para su puesta en marcha, ya que no se especificará en la parte de electrónica, sino en la mecánica en sí.

## **Abstract**

The following document deals with the procedure of design, manufacture and assembly of a mechanical device with an articulated arm shape to obtain data from the ground, such as: humidity, temperature and electrical conductivity.

The structure, move with the help of electric motors, will be made of aluminium sheet using topology optimization, in other words, designing in such a way that the weight is minimum and at the same time capable of resisting the sufficient forces so it does not break. The structure will be connected to the Pioneer 2-AT mobile robot, an electrically-powered all-terrain vehicle used in the search and prototyping of mapping, navigation, monitoring and other behaviours.

This project gives answer to the problem or scarcity of automation when it comes to taking land data, either agricultural or building grounds. The advantage is to obtain much more precise parameters and their location, since being linked to the robot, we can set the route to follow within a given area. Thanks to this, it will be possible to create color maps of an area and to appreciate the quantitative differences of the obtained data.

The result of this project is the creation of a prototype prepared for its start-up, as it will not be specified for the electronic part, but in the mechanics itself.



## **Agraïments**

Vull agrair al meu tutor Antoni per l'oportunitat de realitzar un treball interessant i enriquidor, per la seva ajuda i les seves idees que han fet possible completar aquest projecte.

Moltes gràcies als meus companys de feina de l'empresa Zobe: Jordi, Sergio i Julio. La seva ajuda i els seus consells han sigut fonamentals per a la realització d'aquest treball. De no ser així, hauria set un repte molt més difícil i més llarg d'elaborar.

Per últim, però no menys important, a la meua família pel seu suport, sobretot al meu pare. Un model a seguir per mi i responsable pel meu interès pel món de la mecànica.



## Glossari

$u_a$ : pressió d'aire

$u$ : pressió d'aigua

$N_i$ : força axial

$T_i$ : força tangencial

$\sigma_i$ : tensió axial

$\tau_i$ : tensió tangencial

$X$ : superfície presa pels porus

$w$ : contingut d'humitat expressat en %

$W_w$ : pes de l'aigua existent en la massa del terra

$W_s$ : pes de les partícules sòlides

$\psi$ : potencial hídric en MPa

$R$ : constant universal dels gasos

$T$ : temperatura en graus Kelvin

$V$ : volum molar de l'aigua a la temperatura  $T$

$E_a/E_s$ : pressió actual del vapor entre la pressió del vapor a saturació

$\epsilon_a$ : Permittivitat dielèctrica aparent

Baud: Mesura de la velocitat de comunicació d'un canal de dades

CAD: (*Computer Aided Design*) Disseny assistit per ordinador

STEP: (*Standard for the Exchange of Product Data*) Tipus d'arxiu CAD universal.

FEA: (*Finite Element Analysis*) Anàlisi d'elements finits

POM: (Polioximetil·lè) polímer de baixa fricció

CNC: (*Control Numeric Computing*) Control Numéric per Computador

FDM: *Fused Deposition Modeling*

SLA: Stereolitografia, tecnologia d'impressió 3D

BoM: (*Bill of Materials*) Llistat de materials

STL: Stereolitografia, format de fitxer

# Índex

|  |            |
|--|------------|
| <b>RESUM</b>   | <b>I</b>   |
| <b>RESUMEN</b>   | <b>II</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>  | <b>III</b> |
| <b>AGRAÏMENTS</b>  | <b>V</b>   |
| <b>GLOSSARI</b>  | <b>VII</b> |
| <b>1. PREFACI</b>  | <b>15</b>  |
| 1.1. Origen del treball .....  | 15         |
| 1.2. Motivació.....  | 15         |
| 1.3. Requeriments previs .....                                       | 15         |
| <b>2. INTRODUCCIÓ</b>  | <b>17</b>  |
| 2.1. Objectius del treball .....                                     | 17         |
| 2.2. Abast del treball .....   | 17         |
| <b>3. ESTUDI DE MERCAT</b>   | <b>19</b>  |
| 3.1. Situació actual del robot mòbil a la indústria .....            | 19         |
| 3.2. Situació actual de la presa de dades d'humitat del terreny..... | 20         |
| <b>4. SONDA DE MESURA</b>  | <b>22</b>  |
| 4.1. Mètodes de determinació del contingut d'humitat del terra.....  | 22         |
| 4.2. Elecció de la sonda .....                                       | 24         |
| 4.3. Sonda FC-28 .....   | 26         |
| 4.3.1. Característiques de la sonda .....                            | 27         |
| 4.3.2. Diagrama del circuit .....                                    | 27         |
| 4.3.3. Codi analògic .....   | 28         |
| 4.3.4. Diferents tipus de terrenys .....                             | 30         |
| <b>5. ROBOT MÒBIL PIONEER 2-AT</b>                                   | <b>34</b>  |
| <b>6. ESTRUCTURA MECÀNICA</b>  | <b>40</b>  |
| 6.1. Objectiu i requeriments .....                                   | 40         |
| 6.2. Antecedents .....   | 40         |
| 6.3. Disseny de l'estructura.....                                    | 42         |



|  |           |
|--|-----------|
| 6.3.1. Eines de disseny .....                            | 42        |
| 6.3.2. Optimització topològica (Voronoi).....            | 43        |
| <b>7. ELEMENTS DE L'ESTRUCTURA MECÀNICA .....</b>        | <b>53</b> |
| 7.1. Fixació de l'estructura .....                       | 53        |
| 7.2. Moviment de l'estructura .....                      | 56        |
| 7.2.1. Motor elèctric.....                               | 56        |
| 7.2.2. Transmissió del moviment.....                     | 58        |
| 7.2.3. Desplegament del braç .....                       | 63        |
| 7.2.4. Actuació de la sonda .....                        | 72        |
| <b>8. PROTOTIPATGE .....</b>                             | <b>77</b> |
| 8.1. Màquines utilitzades.....                           | 77        |
| 8.2. Peces fabricades.....                               | 80        |
| <b>9. ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL .....</b>           | <b>87</b> |
| <b>CONCLUSIONS .....</b>                                 | <b>88</b> |
| <b>PRESSUPOST .....</b>                                  | <b>89</b> |
| I. Cost de materials i components (BoM).....             | 89        |
| II. Cost de maquinària i <i>software</i> .....           | 92        |
| III. Cost d'enginyeria .....                             | 93        |
| IV. Cost total.....                                      | 93        |
| <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>                                | <b>94</b> |
| <b>ANNEX A .....</b>                                     | <b>95</b> |
| A1. Plec de condicions .....                             | 95        |
| A2. Diagrama de Gantt.....                               | 98        |
| A3. Documentació tècnica de materials i components ..... | 99        |
| A4. Normativa aplicable.....                             | 161       |
| A5. Plànols .....  | 169       |

## Índex de figures

|  |    |
|--|----|
| Figura 3.1: Robot mòbil Adept Lynx ( <i>Google</i> )                                   | 19 |
| Figura 3.2: Robot mòbil d'Amazon ( <i>Google</i> )                                     | 20 |
| Figura 3.3: Estació de monitoreig d'humitat del terra ( <i>measureinstruments</i> )    | 21 |
| Figura 3.4: Esquema monitoreig de múltiples estacions ( <i>measureinstruments</i> )    | 21 |
| Figura 4.1: Sonda GS3 ( <i>LabFerrer</i> )   | 24 |
| Figura 4.2: Sonda 5TE ( <i>Labferrer</i> )   | 24 |
| Figura 4.3: Sonda FC-28 ( <i>Aliexpress</i> )  | 26 |
| Figura 4.4: Configuració del circuit ( <i>Fritzing</i> )                               | 28 |
| Figura 4.5: Tensions d'una partícula del terra ( <i>Universitat de Cantabria</i> )     | 30 |
| Figura 4.6: Tensions intersticials i intergranular ( <i>Universitat de Cantabria</i> ) | 32 |
| Figura 4.7: Diferents textures del terreny ( <i>Google</i> )                           | 32 |
| Figura 5.1: Pioneer 2-AT ( <i>Font pròpia</i> )  | 34 |
| Figura 5.2: Panell superior  | 35 |
| Figura 5.3: Panell de control  | 35 |
| Figura 5.4: Cos del robot ( <i>Adept Mobile Robots</i> )                               | 36 |
| Figura 5.5: Disposició del grup de sónars ( <i>ActivMedia</i> )                        | 37 |
| Figura 5.6: Microcontrolador Hitachi H8S   | 38 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 6.1: Desplegament d'una estructura ( <i>Ten Fold Engineering</i> )     | 41 |
| Figura 6.2: Fase inicial  | 43 |
| Figura 6.3: Exemple d'optimització per FEM ( <i>Frustum</i> )                 | 44 |
| Figura 6.4: Optimització braç primari   | 45 |
| Figura 6.5: Concentrador de tensions ( <i>SlideShare</i> )                    | 46 |
| Figura 6.6: Diagrama Voronoi ( <i>Wikipedia</i> )                             | 47 |
| Figura 6.7: Optimització braç secundari ( <i>Fusion 360</i> )                 | 50 |
| Figura 6.8: Diagrama Voronoi generat ( <i>Fusion 360</i> )                    | 50 |
| Figura 7.1: Renderitzat de l'assemblatge recollit                             | 53 |
| Figura 7.2: Separador hexagonal mascle-femella ( <i>RS</i> )                  | 54 |
| Figura 7.3: Separació entre base i plataforma del robot                       | 54 |
| Figura 7.4: Xapa elevadora  | 55 |
| Figura 7.5: Guia lineal ( <i>Amazon</i> )                                     | 55 |
| Figura 7.6: Explosionat del elements fixes                                    | 56 |
| Figura 7.7: Motor pas a pas ( <i>Aliexpress</i> )                             | 56 |
| Figura 7.8: Motor amb caixa reductora ( <i>RS-online</i> )                    | 57 |
| Figura 7.9: Fixació del motor   | 58 |
| Figura 7.10: Mecanització d'un engranatge en fresa CNC ( <i>Font pròpia</i> ) | 59 |
| Figura 7.11: Posició inicial del braç primari                                 | 59 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 7.12: Posició final del braç primari                                    | 60 |
| Figura 7.13: Engranatge conductor  | 61 |
| Figura 7.14: Centre de masses en la posició inicial                            | 62 |
| Figura 7.15: Centre de masses en la posició final                              | 62 |
| Figura 7.16: Desplegament del braç articulat                                   | 64 |
| Figura 7.17: Com llegir les característiques d'una politja ( <i>Tsubaki</i> )  | 65 |
| Figura 7.18: Distribució de les tensions ( <i>CONTI SYNCHROBELT HTD</i> )      | 67 |
| Figura 7.19: Aplicació web per configurar una politja ( <i>misumi-europe</i> ) | 68 |
| Figura 7.20: Tipus de politges T5 ( <i>misumi-europe</i> )                     | 69 |
| Figura 7.21: Corretja i politja ( <i>Font pròpia</i> )                         | 69 |
| Figura 7.22: Vista en secció de la ubicació del rodament                       | 70 |
| Figura 7.23: Vista en secció de la ubicació dels rodaments                     | 71 |
| Figura 7.24: Carcassa del motor impresa en ABS ( <i>Font pròpia</i> )          | 72 |
| Figura 7.25: Acoblament de llautó ( <i>RS-online</i> )                         | 73 |
| Figura 7.26: Ubicació del vis sens fi  | 73 |
| Figura 7.27: Cremallera  | 74 |
| Figura 7.28: Guia-suport   | 75 |
| Figura 7.29: Suport de la sonda  | 75 |
| Figura 7.30: Posició final i inicial de la cremallera ( <i>Font pròpia</i> )   | 76 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 8.1: Impressora 3D Form 2 ( <i>Formlabs</i> )                            | 77 |
| Figura 8.2: Impressora 3D uPrint SE Plus ( <i>Stratasys</i> )                   | 78 |
| Figura 8.3: Impressora 3D uPrint SE Plus ( <i>Stratasys</i> )                   | 78 |
| Figura 8.4: Torn de sobretaula D4000E ( <i>Font pròpia</i> )                    | 79 |
| Figura 8.5: Braç primari imprès en FDM ( <i>Font pròpia</i> )                   | 80 |
| Figura 8.6: Primer concepte del braç articulat ( <i>Font pròpia</i> )           | 81 |
| Figura 8.7: Peces recent impreses en SLA ( <i>Font pròpia</i> )                 | 82 |
| Figura 8.8: Tornejat dels eixos ( <i>Font pròpia</i> )                          | 83 |
| Figura 8.9: Comprovació de la relació de transmissió ( <i>Font pròpia</i> )     | 83 |
| Figura 8.10: Suport del motor en FDM  | 84 |
| Figura 8.11: Fabricació duplicada del suport amb la tapa ( <i>Font pròpia</i> ) | 84 |
| Figura 8.12: Braç secundari en SLA  | 85 |
| Figura 8.13: Simulació de la cremallera en la fresadora CNC                     | 85 |

# **1. Prefaci**

## **1.1. Origen del treball**

Aquest treball ha sorgit de la simple necessitat d'optimitzar i automatitzar el procés de presa de dades mitjançant tres components: l'aparell electrònic de mesura, un braç articulat i el robot mòbil.

Actualment el model de robot amb el que s'ha treballat està en desús, ja que és un model molt vell, considerant que l'electrònica avança un pas de gegant any rere any. El robot pertanyia a l'empresa Adept electronics, recentment comprada per Omron, empresa de renom amb una tecnologia robòtica molt important. El resultat d'aquesta unió ha donat pas a la creació de nous models més avançats. Tot i això, el robot que s'ha utilitzat ens aporta una fiabilitat més que suficient per a la realització d'aquest treball.

## **1.2. Motivació**

Un dels aspectes més importants d'aquest treball és la motivació personal. Un es troba en l'etapa final del seu grau universitari i utilitza tota la teoria que ha après per aplicar-la a la pràctica.

La possibilitat de dissenyar, construir un prototip del prototip, equivocar-se i tornar al full en blanc és l'essència de l'autoaprenentatge i del repte que es un es proposa. Un cop aconseguit aquest repte i assolixes els objectius establerts, els dubtes, la incertesa i la inseguretat es converteixen en felicitat i alegria.

## **1.3. Requeriments previs**

Es requereixen uns coneixements previs per assolir almenys els objectius principals:

- Visió 3D, per tal de poder dissenyar el conjunt. Tenir un ordre mental, tot i que no sempre hi ha una regla escrita. Alguns preferiran començar des del principi i avançar pas a pas i d'altres començaran pel final i sent coneixedors del resultat final podran trobar la manera d'arribar-hi.
- Coneixement d'eines CAD i modelatge 3D. Existeixen diferents tipus de programes, ja siguin més o menys intuïtius o difícils, la combinació d'aquests és important per aconseguir un disseny característic i original.

- Nocions d'impressió 3D. Actualment els softwares d'impressió 3D, sovint fets per la pròpia marca de la impressora, són molt fàcils d'utilitzar i no requereixen d'una preparació exhaustiva.
- Coneixements de mecanització. Sense la utilització de tecnologies de fabricació per adició de material és essencial ser coneixedor de la fabricació per mecanització, especialment fresa i torn. En el cas que les màquines siguin manuals es requereix de molta pràctica i experiència per fer una peça ben acabada. També s'ha de fer ús de les màquines controlades per ordinador (CNC) si es vol aconseguir un resultat òptim. En aquest últim cas, la preparació és fonamental, ja que podríem fer malmetre la màquina i la peça, causant una pèrdua de diners i temps important.
- Coneixements generals de mecànica i elements de màquines, ja siguin cargols, rosques, rodaments, etc.
- Coneixements d'electrònica per tal de controlar el funcionament dels motors elèctrics, l'adquisició i el processat de dades.

## **2. Introducció**

### **2.1. Objectius del treball**

L'objectiu principal del projecte és el disseny, creació i desenvolupament d'un dispositiu per facilitar i automatitzar l'acció de prendre mesures sobre l'estat d'un terreny. Es vol aconseguir una diferenciació en la presa de dades actuals per tal d'obtenir una millor eficiència.

### **2.2. Abast del treball**

L'abast del projecte engloba la fase de disseny, la creació del prototip i la posada a punt pel seu correcte funcionament. No obstant, no inclourà la fase de disseny electrònic ja que no es l'objectiu i comportaria a realitzar un estudi extens de les possibilitats que es poden implementar.

No serà tema d'estudi el control o monitorització del robot mòbil, sinó la seva aplicació.





### 3. Estudi de mercat

#### 3.1. Situació actual del robot mòbil a la indústria

“Amb el robots i androides passarà exactament el mateix que ha passat amb els ordenadors: tots en tindrem un”, aquesta és la frase emblemàtica amb la qual respon un especialista en robòtica davant la qüestió de què espera en el futur per als robots mòbils al món i afegeix que "tant en la indústria com en el sector de serveis, la robòtica ja no és un tema de ciència ficció que està a molts anys de materialitzar-se, ja que en l'actualitat ja és una realitat.

Els especialistes en la matèria asseguren que en menys de 50 anys, pràcticament en totes les llars es podrà trobar un dispositiu robòtic, ja sigui com a joguina, mascota o eina per realitzar diferents tasques a la llar i fins i tot complint els tres papers al mateix temps. En la indústria, per la seva banda, potser una o dues dècades abans es començarà a utilitzar aquest tipus de dispositius per a facilitar les tasques en les plantes i fàbriques, sobretot quan es tracta d'activitats que requereixen un alt nivell de precisió o que representen un potencial perill per al personal.

En una època en què els robots col·laboratius fixos estan entrant en la societat industrial amb molta força, trobem els robots mòbils que es presenten com una innovació amb molt de futur en el món de la logística. Els robots mòbils Adept Lynx també estan entrant en el mercat industrial per a la solució de problemes de logística interna; ho estan fent a través d'una plataforma mòbil col·laborativa capaç d'adoptar qualsevol tipus d'element per al transport de productes de fins a 160 kg.



**Figura 3.1:** Robot mòbil Adept Lynx (Google)

La instal·lació del robot mòbil Lynx consisteix a desplaçar la plataforma per totes les àrees de l'empresa en la qual s'haurà de moure, creant així un plànol del lloc que inclourà pilars, mobles, màquines, parets, etc.

Totes les tasques a efectuar com a comunicació, gestió d'entrades / sortides, visualitzacions, i sons, i totes les macros com a objectius a atendre i tasques associades, són registrades per tal de crear el circuit complet de recorreguts i tasques a realitzar.

Un altre exemple, potser més conegut per la seva facilitat en la gestió de la logística, són els robots mòbils dedicats a l'empresa Amazon. A dia d'avui, s'encarreguen del transport en dos dels seus centres logístics.



**Figura 3.2:** Robot mòbil d'Amazon (Google)

Amazon Robotics és una tecnologia creada per la pròpia companyia amb l'objectiu fixat en estalviar temps de 'caminades' als treballadors, però sobretot estalviar espai movent les prestatgeries d'un costat a un altre segons sigui necessari sense necessitat de tenir passadissos o reduir-los a la mínima expressió, el que aconsegueix augmentar la superfície útil de la nau en un 50% segons indica Fred Pattje, el director d'operacions d'Amazon a Espanya i Itàlia.

### **3.2. Situació actual de la presa de dades d'humitat del terreny**

Per mesurar a gran escala la humitat del terra s'utilitza el satèl·lit SMAP de la NASA, posat en òrbita l'any 2015. El satèl·lit artificial d'observació de la Terra, el SMAP, de *Soil Moisture Active Passive*, Humitat del Terren Actiu Passiu, té com a objectiu mesurar el nivell d'humitat del terra i els processos de congelació i desgelació de l'aigua.

El que fa SMAP és mesurar les emissions naturals de microones del sòl -la seva intensitat varia amb la humitat- amb un radiòmetre i alhora emetre senyals de radar per complementar aquests mesuraments; l'absorció d'aquests senyals varia també amb el grau d'humitat del sòl. El radiòmetre té una resolució de 10 quilòmetres, però la del radar és molt millor, de 250 × 400 metres.

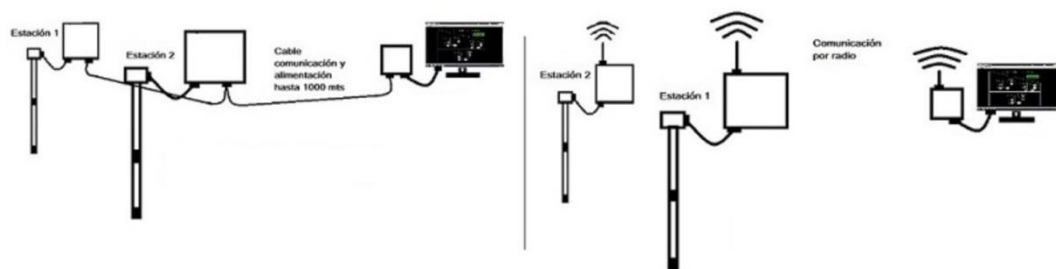
Les dades obtingudes per SMAP serviran per monitoritzar sequeres i especialment donar avisos primerencs de quan es vagin a produir, preveure inundacions gràcies als mesuraments de com humit està el terra abans que arribin pluges, ajudar amb la productivitat dels cultius gràcies a la informació sobre el nivell d'humitat del sòl, millorar les previsions meteorològiques al permetre incloure en els models el nivell d'humitat del sòl, i obtenir més detalls dels cicles de l'aigua, energia i carboni.

Ara bé, aquest és un mètode de mesura amb poca resolució. L'altra situació en la qual podem mesurar paràmetres dels sòl és mitjançant estacions de monitorització d'humitat del terreny. Es tracta d'equipaments electrònics tan fixes com portàtils però poc manejables. Poden ser sondes que s'introdueixen fins a 1 metre endins del terra per mesurar una lectura continua de la humitat. Normalment aquests aparell van acompanyats d'equips de panells solars per poder ser autònoms i tenir llibertat a l'hora d'ubicar les sondes i els equips per fer la lectura de les dades rebudes.



**Figura 3.3:** Estació de monitoreig d'humitat del terra  
(measureinstruments)

L'avantatge d'aquest sistema és la capacitat d'implementar més d'una estació a la vegada amb un sol equip de lectura, fent possible més d'una presa de dades al mateix temps. La connexió entre estació i estació es pot fer mitjançant un cable o per comunicació per radio.



**Figura 3.4:** Esquema monitoreig de múltiples estaciones  
(measureinstruments)

## 4. Sonda de mesura

Quan es tracta de mesurar una dada del sòl, especialment un terreny agrícola, existeixen diferents paràmetres a tenir en consideració, aquests poden ser d'humitat, temperatura, conductivitat elèctrica entre altres. A l'hora de decidir la sonda que s'ha d'utilitzar, el denominador comú sempre serà la dada d'humitat.

El contingut d'humitat és la quantitat d'aigua que es troba en els porus dels materials que conformen el terra, així mateix és un indicador necessari en els anàlisis de terrenys, degut a que mostra la factibilitat del terra per a la construcció, ja que també ajuda a mesurar el grau de cohesió del terra.

### 4.1. Mètodes de determinació del contingut d'humitat del terra

Per determinar el contingut d'humitat s'utilitza una propietat física que canvia amb la humitat. Aquestes poden ser: pes, tensió de l'aigua, humitat de l'aire, dispersió de la radiació, atenuació de la radiació, constant dielèctrica del terra, resistència elèctrica del terra, textura del terra i energia per canviar de temperatura.

Existeixen dos tipus de mètodes de mesura de la humitat del terra, els mètodes directes que mesuren la quantitat d'aigua que hi ha al terra i els mètodes indirectes que calculen la humitat mitjançant una calibració entre humitat i una propietat que sigui més fàcil de mesurar.

- MÈTODES DIRECTES:

1. Mètode gravimètric:

És l'únic mètode directe de mesura de la humitat del terreny. Aquest mètode consisteix en prendre una mostra del terreny, pesar-la i després d'un assecat de 24h a una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$  es torna a pesar.

Aquest mètode és el més exacte per mesurar el contingut d'humitat del terra i s'utilitza com a mesura de calibració pels altres mètodes.

La relació expressada en percentatge és la següent:

$$w = \frac{w_w}{w_s} \cdot 100 (\%) \quad (\text{Eq. 4.1})$$

On:

$w$  = contingut d'humitat expressat en %

$W_w$  = pes de l'aigua existent en la massa del terra

$W_s$  = pes de les partícules sòlides

- MÈTODES INDIRECTES:

2. Reflectometria:

Es basa en la relació que existeix entre el contingut d'humitat del terra i la constant dielèctrica. L'aigua té una constant dielèctrica molt més alta que la del terra, pel que la constant dielèctrica del terra humit dependrà principalment de la seva humitat. Aquesta constant es mesura aplicant al terra una ona electromagnètica d'alta freqüència i mesurant la velocitat de propagació. A major humitat, menor serà la velocitat de l'ona.

Funciona en una ampli rang de terrenys i pot mesurar el contingut d'humitat contínuament amb una precisió de  $\pm 2\%$ .

3. Aspersion de neutrons:

Els neutrons ràpids són emesos des d'una font (Am-Be) en un tub instal·lat al terra; els neutrons lents són comptabilitzats per un detector. En la majoria de terrenys l'hidrogen està associat amb l'aigua del terra, encara que en els terrenys orgànics o densament arrelats aquest no seria el cas. El nombre de neutrons lents detectats és proporcional al nombre de col·lisions entre neutrons i nuclis d'hidrogen, els quals reflecteixen el contingut d'aigua del terra. És molt precís en les mesures però és costós d'utilitzar.

4. Psicròmetre:

Es basa en que en equilibri s'igualin els potencials d'aigua del terra i el vapor d'aigua del terra. L'aparell porta un càpsula de ceràmica que s'introdueix dins del terra i a l'interior mesura la humitat relativa. El potencial es calcula mitjançant:

$$\Psi = \frac{R \cdot T}{V} \cdot \ln \frac{E_a}{E_s} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

On:

$\Psi$  = potencial hídric en MPa

$R$  = constant universal dels gasos

$T$  = temperatura en graus Kelvin

$V$  = volum molar de l'aigua a la temperatura  $T$

$\frac{E_a}{E_s}$  = pressió actual del vapor entre la pressió del vapor a saturació

5. Tensiòmetre:

Consisteix en un con o tassa porosa connectat per mitjà d'un tub a un manòmetre. L'aparell s'emplena d'aigua que, al penetrar el con o tassa, estableix un equilibri amb la humitat del terreny circumdant. Quan s'asseca el terra, l'aigua flueix de la tassa originant

així una tensió major o inversament a l'augmentar la humitat del terra i disminuir la tensió entre l'aigua i la tassa. L'ús de múltiples tensiòmetres ubicats en diferents profunditats permeten obtenir el perfil d'humitat del terra.

#### 6. Blocs de resistència:

Es basa en el fet que la conductivitat elèctrica de molts materials varia en funció del contingut d'aigua. La conductivitat dels blocs augmenta a mesura que la quantitat d'aigua del terra absorbit pels blocs augmenta. Funciona en el rang de -0,5 a -15 bars, pel que són adequats per terrenys secs. Complementen als tensiòmetres.

## 4.2. Elecció de la sonda

Un cop s'ha comparat els diferents mètodes i considerant els aparells necessaris per a cada mètode, el més adient per aquest projecte és la reflectometria, en especial els sensors FDR (*Frequency Domain Reflectometry*) per ser sensors més barats de construir i amb un temps de resposta més ràpid.

El fabricant *Meter Group* conté la gamma més amplia de sensors basats en FDR. Ja que l'objectiu és obtenir el màxim nombre de paràmetres del terreny, s'ha d'escollir entre la sonda 5TE i GS3, capaces de mesurar humitat, temperatura i conductivitat elèctrica.



Figura 4.1: Sonda GS3 (LabFerrer)



Figura 4.2: Sonda 5TE (Labferrer)

Ambdós sensors tenen molt bones característiques, tot i així, és vital que l'aparell sigui robust, per tant s'escollirà la sonda GS3. Les seves característiques tècniques són:

### **Precisió**

Permitivitat dielèctrica aparent ( $\epsilon_a$ ):

- $\pm 1$  (adimensional) de 1-40 (interval sòl)
- $\pm 15\%$  de 40-80

Contingut volumètric d'aigua (VWC):

- Amb l'equació de Topp,  $\pm 0,003 \text{ m}^3 / \text{m}^3$  ( $\pm 3\%$  VWC) típic en sòls minerals amb  $\text{CE} < 10 \text{ dS} / \text{m}$
- Amb calibratge específica,  $\pm 0,01$  a  $0,02 \text{ m}^3 / \text{m}^3$  ( $\pm 1\text{-}2\%$  VWC) en qualsevol mitjà porós

Conductivitat Elèctrica (CE):

- $\pm 10\%$  de 0 a  $70 \text{ dS} / \text{m}$ , es necessita calibratge per a CE superiors

Temperatura:

- $\pm 1^\circ\text{C}$

### **Resolució:**

$\epsilon_a$ :

- 0,1 de 1-20
- $< 0,75 \epsilon_a$  de 40-80

VWC

- $0,002 \text{ m}^3 / \text{m}^3$  (0,2% VWC) de 0 a 40% VWC
- $0,001 \text{ m}^3 / \text{m}^3$  (0,1% VWC)  $> 40\%$  VWC

CE:

- $0,001 \text{ dS} / \text{m}$  de 0 a  $23 \text{ dS} / \text{m}$

Temperatura:

- $0,1^\circ\text{C}$

### **Interval:**

- $\epsilon_a$ : 1 (aire) a 80 (aigua)
- CE: 0-23 dS / m (aparent)
- Temperatura:  $-40^\circ$  a  $50^\circ\text{C}$



Per tant, ja hauríem trobat la sonda ideal per aquest projecte. Ara bé, ja que l'objectiu del treball no es basa fonamental en la sonda obviarem l'obtenció d'una sonda tan sofisticada. El preu d'aquesta sonda segons *LabFerrer*, el proveïdor de *MeterGroup* a Espanya, equival a la xifra de 294€, un preu massa elevat pels resultats que volem obtenir en aquest projecte.

### 4.3. Sonda FC-28

Seguint amb la mateixa línia de tipus de sensors, però més econòmics, trobem els sensors FC-28, molt més senzills i destinats a la docència per la seva compatibilitat d'ús amb les conegudes plaques electròniques Arduino.

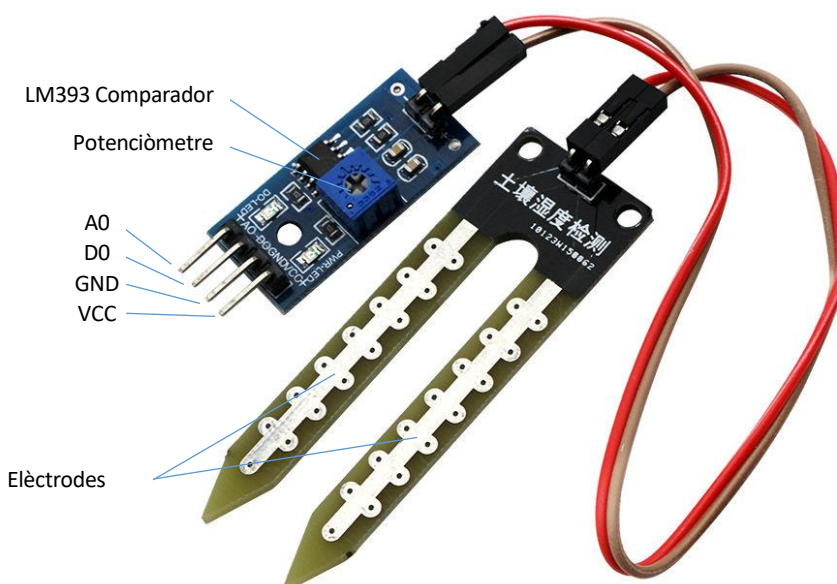


Figura 4.3: Sonda FC-28 (Aliexpress)

El sensor mesura el contingut volumètric d'aigua del terra i ens aporta el nivell d'humitat que conté. El sensor utilitza dues sondes que permeten que el corrent passi pel terra, el qual ens dona el valor de la resistència que ofereix, i així obtenir el valor de la humitat.

Quan hi hagi aigua, el terra conduirà més corrent, el que significa que hi haurà menys resistència. El terreny sec condueix escassament, per tant com menys aigua, menys conductivitat i més resistència. El sensor es pot connectar en mode digital o analògic. És essencial connectar-lo en un configuració analògica per tal que ens doni un valor quantitatiu.

#### 4.3.1. Característiques de la sonda

##### **Característiques tècniques**

- Voltatge d'entrada: 3,3 – 5V
- Voltatge de sortida: 0 – 4,2V
- Corrent d'entrada: 35mA
- Senyal de sortida: analògica i digital

##### **Pins de sortida**

El sensor FC-28 té quatre pins:

- A0: Sortida analògica
- D0: Sortida digital
- GND: Ground
- VCC: Tensió d'alimentació. Entrada

El mòdul conté un potenciòmetre, que determinarà el valor límit. Aquest valor límit serà comparat pel comparador LM393. El LED de sortida s'encendrà més o menys segon aquest valor límit.

Per connectar el sensor en mode analògic, primer de tot és necessari fer servir la sortida analògica. Quan fem servir aquesta sortida, el sensor ens dóna valors entre 0 i 1023, i ens ensenyarà aquest valor a la pantalla en el programa dedicat a l'edició de codis per a Arduino. La humitat es mesura en percentatges, per tant, s'han de transformar aquests valors de 0 a 100. Es poden configurar diferents rangs de valors d'humitat, això vol dir que serà necessària una calibració prèvia.

#### 4.3.2. Diagrama del circuit

La connexió del sensor FC-28 a la placa Arduino és la següent:

- VCC del FC-28 als 5V de l'Arduino
- GND del FC-28 al GND de l'Arduino
- A0 del FC-28 al A0 de l'Arduino

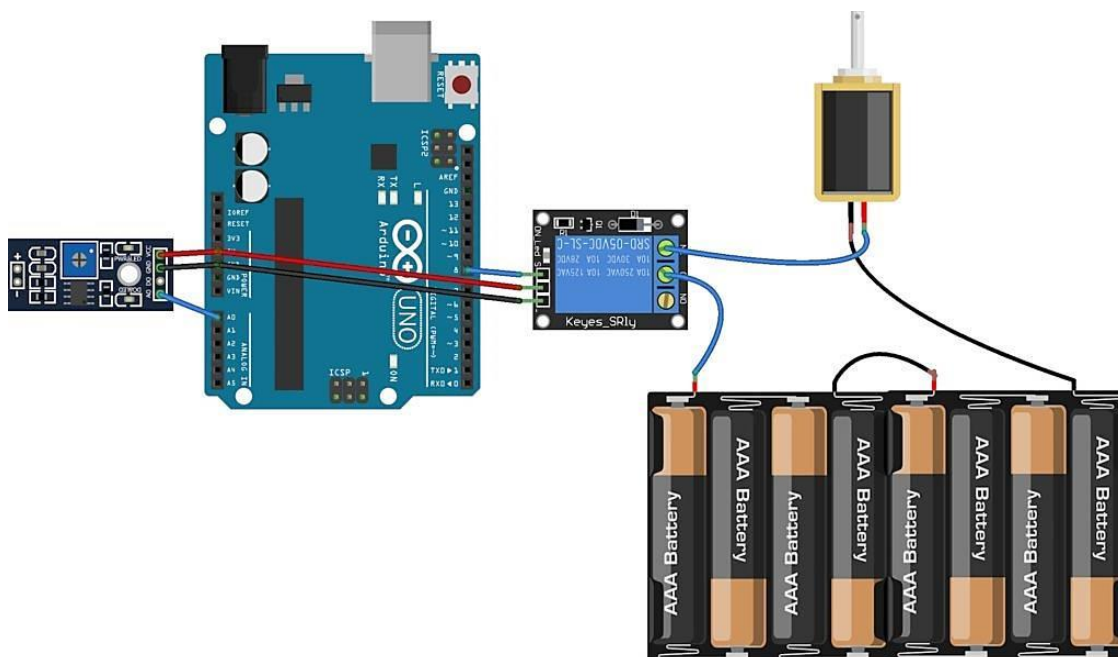


Figura 4.4: Configuració del circuit (Fritzing)

#### 4.3.3. Codi analògic

Un de molts codis útils que es poden utilitzar per interpretar les lectures del sensor és el següent:

```
int sensor_pin = A0;
int output_value ;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Reading From the Sensor ...");
  delay(2000);
}

void loop() {
  output_value= analogRead(sensor_pin);
  output_value = map(output_value,550,0,0,100);
  Serial.print("Mositure : ");
  Serial.print(output_value);
  Serial.println("%");
  delay(1000);
}
```

Per explicar el codi, primer de tot hem d'estructurar-lo en tres blocs. En el primer, hem de definir dos variables: un pel sensor d'humitat del terra i l'altra per guardar el valor de sortida del sensor.

```
int sensor_pin = A0;
int output_value ;
```

En la funció de configuració (setup), l'ordre "Serial.begin(9600)" ens ajudarà a tenir comunicació entre l'Arduino i el programa. Després, s'imprimeix "Reading From The Sensor..." al programa.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Reading From the Sensor ...");
  delay(2000);
}
```

En la funció de bucle (loop), llegirem del pin analògic i es guardarà els valors a la variable "output\_variable". Llavors, es crearà un rang de valors de sortida de 0 a 100, ja que la humitat es mesura en percentatges. Per configurar aquests valors es necessari fer una prèvia calibració. En terreny sec s'ha obtingut el un valor de 550, i en terreny mullat, el valor del sensor era de 10. Hem configurat aquests valors per obtenir la humitat. Finalment, s'imprimeixen aquests valors al programa.

```
void loop() {
  output_value= analogRead(sensor_pin);
  output_value = map(output_value,550,0,0,100);
  Serial.print("Mositure : ");
```

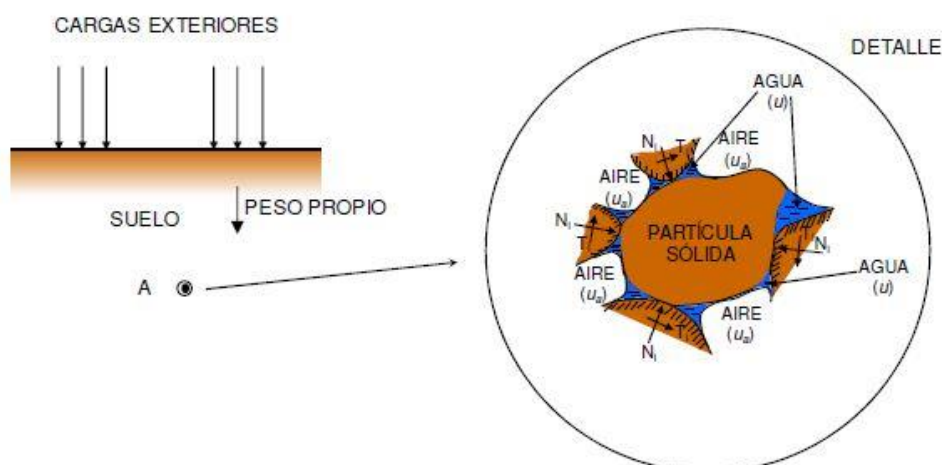
```
Serial.print(output_value);
Serial.println("%");
delay(1000);
}
```

#### 4.3.4. Diferents tipus de terrenys

Hem de ser coneixedors dels terrenys on podem treballar, ja que segons les propietats físiques de la sonda i els diferents paràmetres del terreny, pot ocasionar una ruptura de la sonda.

Qualsevol element del terra està compost pels tres estats de la matèria: sòlid, líquid i gas. Per tant és important conèixer les diferents variants de sòlids i com els afecten la combinació de líquids i gasos.

Com podem apreciar a la figura 4.5 és possible veure les diferents tensions que afecten el terra:



**Figura 4.5:** Tensions d'una partícula del terra (Universitat de Cantabria)

- Pressió d'aire,  $u_a$
- Pressió de l'aigua,  $u$
- Forces nominals i tangencials transmeses per altres partícules,  $N_i$ ,  $T_i$

Fent un estudi més detallat en el punt A de la figura anterior, que es troba a l'interior del terra, estarà afectada per les següents forces:

- Forces transmeses per altres partícules: forces nominals ordinàries com a “ $\sigma_i$ ” i forces tangencials com a “ $\tau_i$ ”. Aquestes tensions s’anomenen tensions intergranulars. Les forces són dividides per la superfície total del conjunt, no de la partícula en sí.
- La pressió intersticial de l’aigua,  $u$ , ocupa una petita zona de tota l’àrea en forma de petits forats “X”.
- La pressió intersticial de l’aire,  $u_a$ , ocupa la resta de petits forats on no pot arribar l’aigua.

Per tant, la força total serà:

$$\sigma = \sigma_i + X * u + (1 - X) * u_a \quad (\text{Eq. 4.3})$$

$$\tau = \tau_i \quad (\text{Eq. 4.4})$$

Aïllant la tensió intersticial tenim:

$$\sigma_i = \sigma - u_a + X * (u_a - u) \quad (\text{Eq. 4.5})$$

$$\tau_i = \tau \quad (\text{Eq. 4.6})$$

En el cas més simple que el terra estigui completament cobert d’aigua:

$$\sigma_i = \sigma - u \quad (\text{Eq. 4.7})$$

$$\tau_i = \tau \quad (\text{Eq. 4.8})$$

En el cas que l’aigua estigui completament seca i l’aire en contacte amb l’atmosfera, llavors:

$$\sigma_i = \sigma \quad (\text{Eq. 4.9})$$

$$\tau_i = \tau \quad (\text{Eq. 4.10})$$

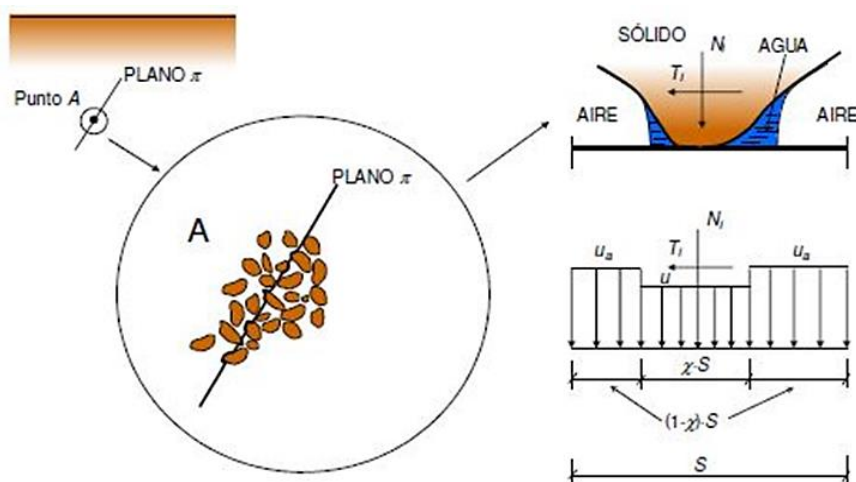
S’anomena tensió efectiva solament la tensió qualsevol que produeix una variació en la deformació o té una influència a la resistència del terra.

En el cas d’un terreny sec no hi hauria cap problema:

$$\sigma' = \sigma_i = \sigma \quad (\text{Eq. 4.11})$$

$$\tau' = \tau_i = \tau \quad (\text{Eq. 4.12})$$

Però en altres casos, quan hi ha aigua i aire, s’ha de considerar d’una manera diferent.



**Figura 4.6:** Tensions intersticials i intergranular (Universitat de Cantabria)

$$\sigma = \frac{N_i + u \cdot X \cdot S + u_a \cdot (1-X) \cdot S}{S} = N_i + u \cdot X + u_a \cdot (1-X) \quad (\text{Eq. 4.13})$$

$$\tau = \frac{T_i}{S} = \tau_i \quad (\text{Eq. 4.14})$$

L'enginyer de la construcció Terzaghi (1883-1963), va suggerir la hipòtesis que la tensió efectiva coincideix amb l'intergranular. Amb això, es poden resoldre les equacions per calcular les tensions del terra amb més precisió:

$$\sigma' = \sigma_i = \sigma - u_a + X \cdot (u_a - u) \quad (\text{Eq. 4.15})$$

Ara que ja sabem com afecta l'aigua i l'aire al terra cal saber quin tipus de material hi ha al terra. Es pot afirmar que un terra barrejat amb aigua, aire o els dos components formaran una mescla més tova que qualsevol mescla que no porti cap dels dos components.



**Figura 4.7:** Diferents textures del terreny (Google)

Existeixen estudis que reflexen els diferents valors de tensions del terra:

| Materials                            | $\sigma_{\text{max}}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\sigma_{\text{max}}$ (MPa) |
|--------------------------------------|---|-----------------------------|
| Terra vegetal mullat                 | 1   | 0,10                        |
| Sòl vegetal molt humit               | 0,5   | 0,05                        |
| Sòl vegetal humit barrejat amb sorra | 1,5   | 0,15                        |
| Sòl vegetal barrejat amb argila seca | 4   | 0,39                        |
| Sòl empedrat                         | 2   | 0,20                        |
| Fang                                 | 0   | 0,00                        |
| Fang sec                             | 6   | 0,59                        |
| Fang humit                           | 0   | 0,00                        |
| Argila no gaire compacta             | 1,5   | 0,15                        |
| Argila compactada                    | 2,5   | 0,25                        |
| Sorra fina sense compactar           | 2   | 0,20                        |
| Sorra fina compactada                | 5   | 0,49                        |
| Sorra fina compactada mitjanament    | 7   | 0,69                        |
| Cru compacte                         | 5,5   | 0,54                        |
| Cru dur                              | 9   | 0,88                        |

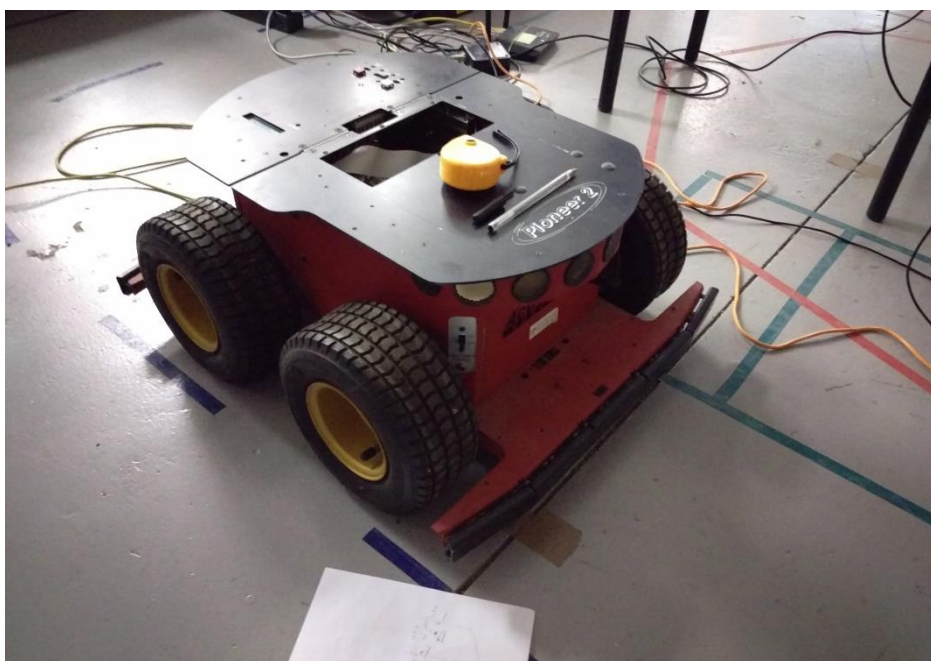
**Taula 4.1:** Diferents tensions de materials del terra



## 5. Robot mòbil Pioneer 2-AT

En aquest apartat s'explicaran les característiques principals del robot ja que es podria fer una explicació molt més extensa i detallada de les funcions electròniques i de *software*. El robot que s'ha utilitzat per aquest treball ha estat subministrat per l'Institut de Robòtica i Informàtica Industrial de Barcelona (CSIC-UPC).

La segona peça essencial d'aquest treball és el robot mòbil on se subjectarà l'estructura mecànica. El robot pertany a l'empresa ActivMedia i el model és el Pioneer 2-AT, el successor de Pioneer 1, que va ser introduït l'any 1995. El seu preu econòmic i alt rendiment van causar una explosió en el nombre d'investigadors i desenvolupadors que tenien accés a un robot mòbil intel·ligent real.

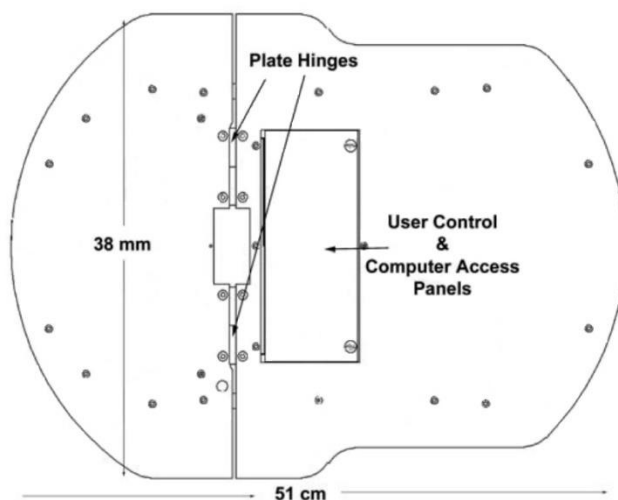


**Figura 5.1:** Pioneer 2-AT (Font pròpia)

Pioneer 2-AT és una robusta plataforma que incorpora tots els elements necessaris per a la implementació d'un sistema de navegació i control del robot en una gran quantitat d'entorns del món real. La mida del robot es petita en comparació amb les seves prestacions. Pesa 14 kg amb una bateria. La seva estructura és d'alumini. Aquestes característiques el permeten poden transportar fins a 30 kg sobre ell mateix. El microcontrolador que governa els diversos dispositius electrònics connectats és un Hitachi H8S. Els principals components del robot són:

- Panell

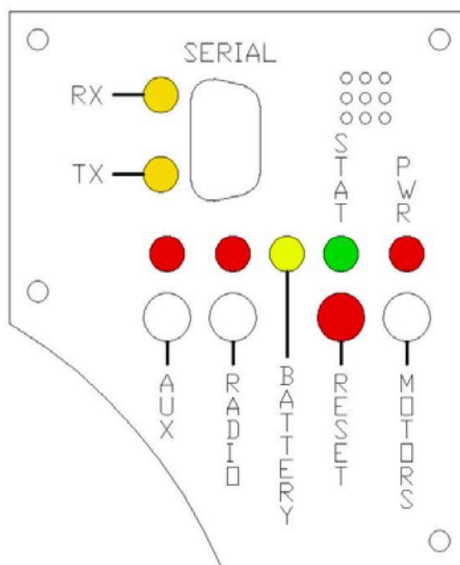
És la plataforma superior del robot. Està destinat al muntatge de nous accessoris o elements pel robot, com podrien ser càmeres, làser o braços articulats, com és el nostre cas. El panell està dotat de diversos orificis a través dels quals es poden ubicar els cables dels possibles dispositius a afegir. A més a més, a través del panell es pot accedir a l'interior del robot mitjançant una ranura d'accés.



**Figura 5.2:** Panell superior

- Panell de control

Consisteix en un panell d'accés al microcontrolador del robot. Està constituït per diversos botons de control, llums led indicadores d'estat i un port de sèrie RS-232 amb un connector de 9 pins.



**Figura 5.3:** Panell de control

El led vermell amb l'etiqueta *PWR* està encès sempre que s'encengui el robot. El led verd amb l'etiqueta *STAT* depèn de la manera d'operació (Presenta una lenta intermitència quan el microcontrolador s'espera una connexió amb un client i ràpida quan el client s'ha connectat). El led amb l'etiqueta *BATTERY* indica l'estat de les nostres bateries (vermell si el voltatge està per sota de 11.5 volts).

El connector serial incorpora dos leds que indiquen l'entrada (*RX*) i sortida (*TX*) de dades. A través d'aquest port de sèrie es pot establir la comunicació amb el microcontrolador del robot des d'un PC extern al robot. Aquest port està compartit internament amb el port de sèrie a què es connectarà l'ordinador de bord (on-board computer) o bé una radio mòdem. Mitjançant un circuit electrònic es desactiva el port de sèrie intern si no hi ha una connexió amb el computador de bord o una radio mòdem.

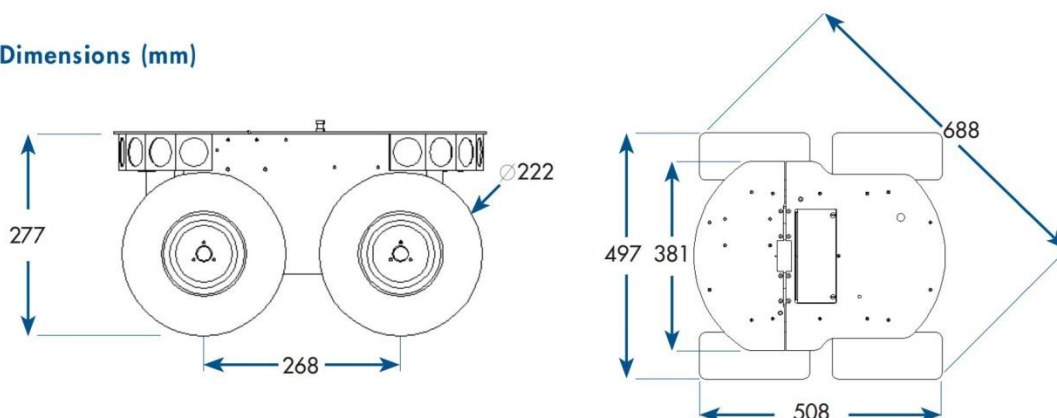
*RÀDIO* i *AUX* són dos interruptors que habiliten o desactiven respectivament els eventuais dispositius ràdio mòdem o el port de sèrie auxiliar. Tots dos botons incorporen un led que indica l'estat dels mateixos.

El polsador *RESET* estableix el microcontrolador, deshabilitant qualsevol connexió activa amb aquest (sonars, motors, etc.). Així mateix hi ha un altre polsador que activa o desactiva els motors.

- Cos del robot

Al cos d'alumini del robot s'hi allotgen les bateries, els motors, els circuits electrònics i la resta de components. A més a més, existeix un espai per allotjar-hi diversos accessoris, com un PC a bord, una radio mòdem o radio ethernet o per incorporar sensors.

#### Dimensions (mm)



**Figura 5.4:** Cos del robot (*Adept Mobile Robots*)

- Grups de sónars

El robot està dotat amb dos grups de 8 transductors (sónars) cada un. Aquests dispositius permeten la detecció d'objectes i la determinació de la distància a la que es troben. Aquesta informació pot ser utilitzada per a l'elaboració de sistemes de navegació i control. Els sónars estan situats a la part posterior i anterior del robot. Cada grup de transductors cobreix un rang de 180°, de tal manera que el conjunt de sónars cobreix els 360° al voltant del robot.

Cada grup de sónars té la seva pròpia targeta electrònica controladora, el que permet realitzar un control independent. Cada grup de sónars està multiplexat. La freqüència d'adquisició de dades és de 25 Hz (40 mil·lisegons) per sónar. El rang de detecció es situa entre els 10 cm i els 4 metres. Es pot controlar quin sónar es dispara a través del software. Per defecte, es disparen del 0 al 7.

Igualment es pot ajustar la sensibilitat dels sónars i el rang detectat mitjançant un potenciòmetre. Aquest fet permet adaptar el robot a l'ambient que l'envolta. La configuració dels sónars amb guanys baixos redueix les seves capacitats de detectar petits objectes. Aquest fet pot ser beneficiós en el cas que el robot es mogui en ambients sorollosos o amb superfícies molt reflectants. Pel contrari, augmentar la sensibilitat dels sónars establint guanys alts augmenta les possibilitats de detectar objectes petits i objectes que estan a gran distància. Això beneficiós si l'ambient en el que treballa es obert i silenciós.

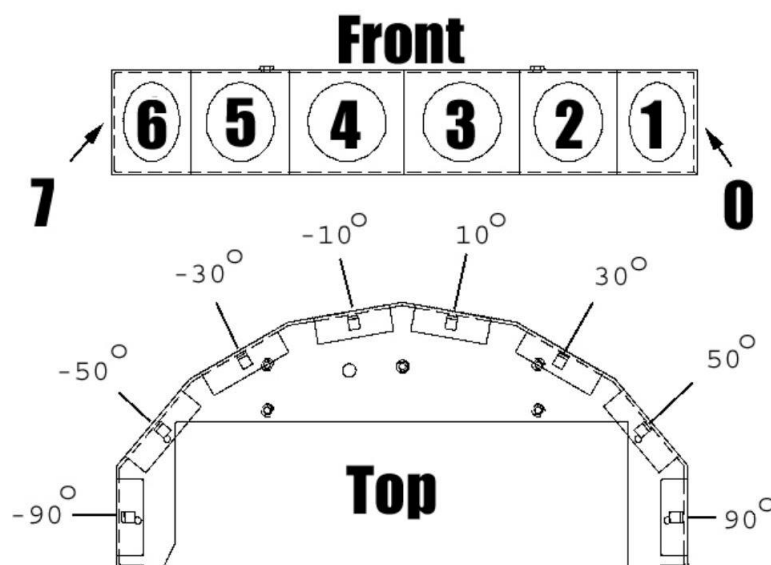


Figura 5.5: Disposició del grup de sónars (ActivMedia)

- Motors i encoders

El robot està dotat de 4 motors de corrent contínua reversibles que poden desenvolupar altres velocitats i alt par de torsió. Cada un d'ells està acompanyat d'un encoder òptic de gran precisió que permeten determinar la velocitat i posició del robot.

Naturalment el robot incorpora diversos circuits electrònics que governen els anteriors elements. La velocitat dels motors és regulada mitjançant les senyals de tipus PWM. De la mateixa manera, aquest tipus de senyals són les que donen els encoders al microcontrolador.

- Microcontrolador Hitachi H8S

Els dispositius electrònics presents en el robot són controlats per aquest model de microcontrolador. S'utilitza per gestionar els actuadors, disparar i recollir la senyal dels sónars, controlar l'electrònica del robot i realitzar la resta de funcions de baix nivell. És capaç de comunicar-se amb altres màquines a través d'una interfície serial RS232.



Figura 5.6: Microcontrolador Hitachi H8S

El microcontrolador, juntament amb la seva placa presenta les següents característiques:

- Opera a un freqüència de 18MHz.
- Presenta 32KB de memòria RAM i 128KB de memòria FLASH.
- Presenta 3 ports de sèrie RS-232 configurables entre 9,6 i 115,2 kbaud.
- Ofereix 5 entrades i 2 sortides analògiques.
- Bus de 8 bits configurable com entrada o sortida.

- **Bateries**

El robot està alimentat amb tres bateries de 12 volts i 7 ampers-hora cadascuna. Són intercanviables entre sí i accessibles a través d'una petita porta a la part posterior del robot. Per tant, disposem en total de 252 watts-hora, el que assegura diverses hores d'autonomia per la plataforma.

## 6. Estructura mecànica

En aquest capítol s'explicarà detalladament tot el procés que s'ha realitzat ja que es pot considerar la part més important d'aquest treball. S'analitzaran els passos que s'han seguit des d'un punt de vista d'innovació d'un producte.

### 6.1. Objectiu i requeriments

Ja sabem l'eina que hem d'utilitzar i el transport amb el que la farem canviar d'ubicació. Ara bé, és necessària una estructura o mecanisme que faci possible moure la sonda.

La gran majoria d'accessoris per aquests tipus de robots s'instal·len sobre la plataforma del vehicle, doncs és aquesta la seva funció. Per tant, considerarem que el mecanisme ha de tenir el seu origen sobre la plataforma.

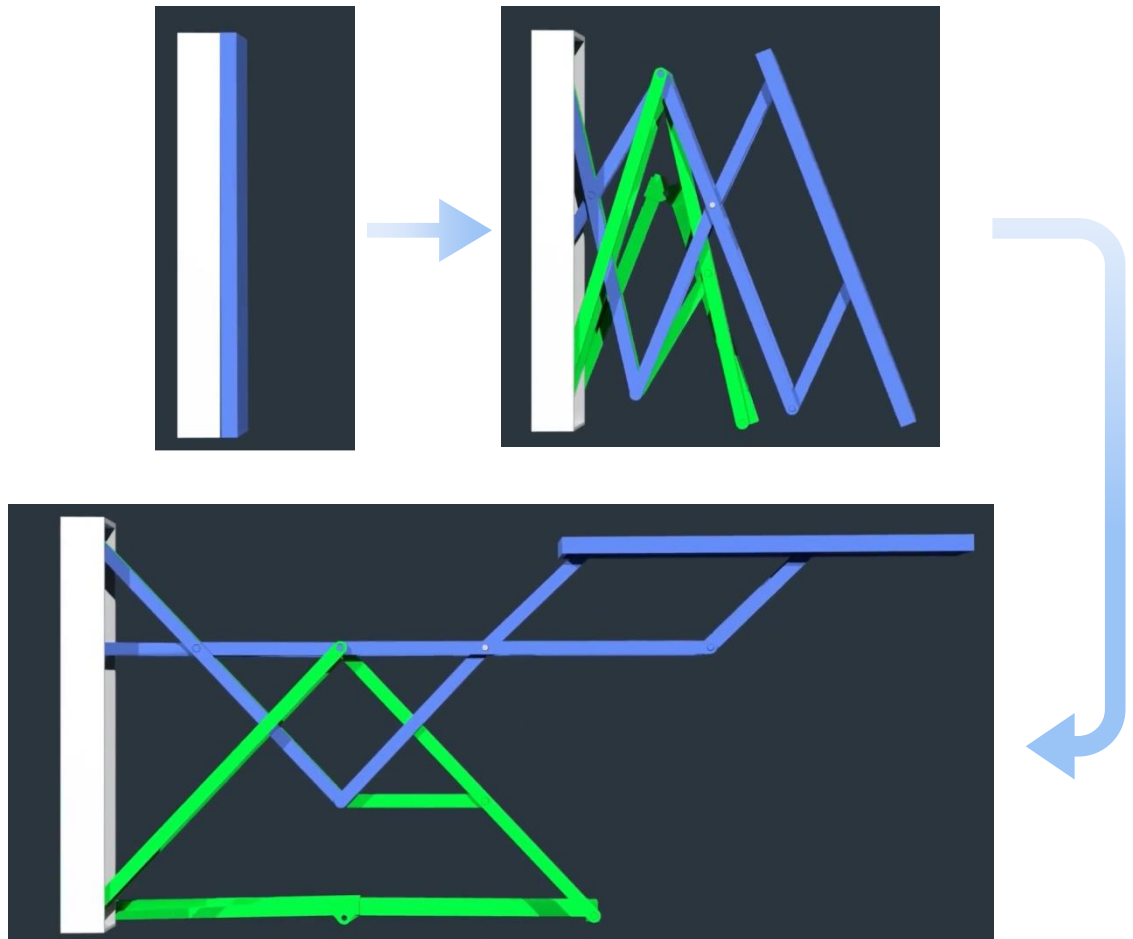
Suposarem que ha de tenir una vida útil llarga. El mecanisme treballarà normalment a l'ambient exterior exposat als agent corrosius que hi pugui haver, per tant, en la mesura que sigui possible la seva fabricació, l'estructura haurà de ser metàl·lica. Per entrar més en detall, els dos metalls més comuns i compatibles per aquest treball són l'acer inoxidable 304 i l'alumini 6061. Els dos tenen molt bones prestacions mecàniques, però segons les especificacions del robot, aquest solament té un índex de protecció IP20, que correspon a una protecció envers a objectes sòlids amb un diàmetre superior a 12 mm i cap protecció envers a la interacció amb aigua. Ja que l'aigua és causant d'accelerar l'oxidació i el nostre robot no ofereix cap protecció, obviarem la utilització d'un material antioxidant. Per tant, el metall escollit és l'alumini, a més a més de tenir una densitat molt menor a la del acer inoxidable,  $7930 \text{ kg/m}^3$  i  $2700 \text{ kg/m}^3$  respectivament. Això farà que el pes del conjunt sigui menor, com també la força necessària per moure l'estructura.

La geometria de l'estructura ha de tenir dos aspectes fonamentals. L'aprofitament de l'espai és clau tan com per utilitat com per estètica. És per això que l'estructura ha de ser plegable. En el moment que estigui en repòs ha d'ocupar el mínim espai possible. Finalment, l'estructura ha de superar els 27 centímetres d'altura que mesura aproximadament el robot i ser capaç d'inserir la sonda dins el terra almenys un centímetre.

### 6.2. Antecedents

Observant el panorama actual en estructures plegables trobem una companyia amb molt potencial, bones idees i digna de ser mencionada. La companyia s'anomena Ten Fold Engineering, i com bé

indica el nom, s'encarreguen de fabricar estructures metàl·liques plegables. Es basa en la unió de barres o bigues rectes unides entre sí de tal manera que puguin ser mogudes per una persona, tenint en compte que tenen estructures que mesuren 2 metres d'altura aproximadament. Aquest fet ens ensenya el càlcul que hi ha darrera per a que funcioni correctament.



**Figura 6.1:** Desplegament d'una estructura (*Ten Fold Engineering*)

El mecanisme de la figura 6.1 és un dels molts mecanismes que ofereixen aquesta empresa i cada un amb una aplicació diferent segons les necessitats del client.

Seguint amb l'exemple de la figura mostrada podríem pensar en les aplicacions d'aquest mecanisme en aquest treball. Si s'instal·la de forma vertical, és a dir, perpendicular a la plataforma tenim l'avantatge que la seva actuació serà molt senzilla ja que la gravetat farà la major part de la feina. En canvi, si l'instal·lem de forma horitzontal es podrà aconseguir que l'extrem més llunyà del mecanisme estigui més a prop del terra.

En general, són mecanismes molt útils i interessants per la possibilitat de les diverses aplicacions, però la problemàtica esdevé a que són mecanisme que tenen protecció intel·lectual. Per tant,



haurem de buscar algun tipus de mecanisme amb unes característiques similars, o bé dissenyar-lo des del principi.

### 6.3. Disseny de l'estructura

Per tal de començar a dissenyar, és necessari fer un estudi de les eines que ens faran falta per aconseguir un disseny òptim.

Sembla obvi, però la base de tot disseny comença a mà alçada, ja sigui amb un full en blanc o en una pissarra. Una tècnica que utilitzen els dissenyadors professionals a l'hora de dibuixar en paper, és utilitzar un bolígraf en comptes d'un llapis com faria tothom. La clau és dibuixar sense poder eliminar els dibuixos anteriors. Llavors, dibuix rere dibuix, es crea una evolució i un és capaç de visualitzar el progrés d'aquesta evolució. O bé també, si el resultat final no és el desitjat, es pot tornar enrere i continuar des d'un dibuix anterior.

#### 6.3.1. Eines de disseny

Un cop ja s'ha definit el disseny conceptual, hem de passar-lo a l'ordinador. Per això, ens farà falta una sèrie de programes que ens facilitaran la feina.

Primer de tot és necessari un programa de modelatge 3D. Els més comuns són:

1. SOLIDWORKS
2. NX Unigraphics
3. CATIA
4. AutoCAD
5. Autodesk Inventor
6. Rhino
7. Fusion 360
8. KeyShot
9. Sketch up

Si ens fixem en la demanda actual en qualsevol empresa d'enginyeria, els programes destacats són Solidworks, NX i Catia. Totes tres són eines molt potents i bones opcions, però en aquest cas escollirem Solidworks per ser l'eina estudiada en el grau i per l'accés gratuït.

No obstant això, és molt important complementar el modelatge 3D amb més eines. Gràcies a la gran diversificació de programari, podem escollir aquell que ens encaixi millor. Aquests seran Fusion 360 i Keyshot. El programa Fusion 360, de la companyia Autodesk, és un programa especialitzat en el

disseny gràfic, això ens ajudarà a tenir una millor estètica. Rhino també destaca per les seves capacitats en disseny gràfic, però la seva metodologia és més complexa que Fusion 360. L'últim programa que utilitzarem és el KeyShot, una eina molt potent per realitzar renders.

### 6.3.2. Optimització topològica (Voronoi)

La part principal de l'estructura mecànica és el que dóna forma al braç mecànic, que són 4 xapes d'uns 4 mm d'espessor, unides entre sí amb eixos.

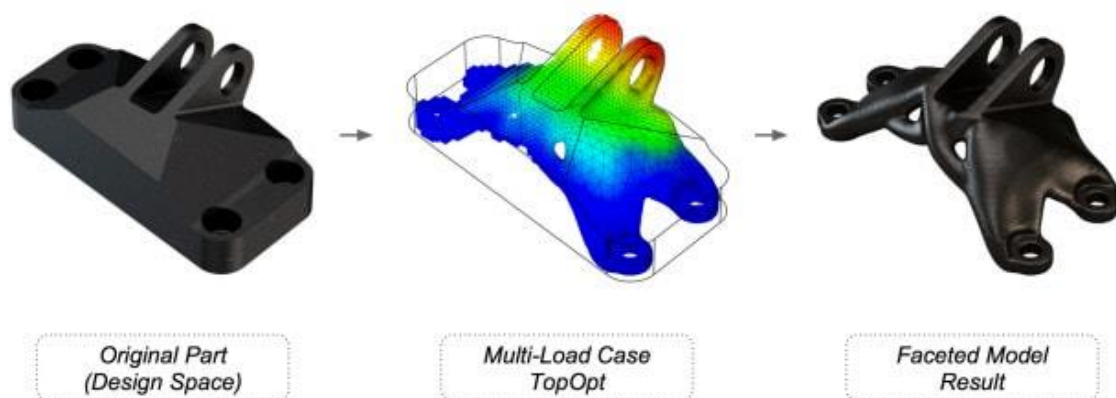


**Figura 6.2:** Fase inicial

Però no podem deixar que aquestes peces siguin massisses ja que acumulen molt de pes i serà més costós fer moure el braç. És per això que necessitem alleugerar l'estructura fent ús de l'optimització topològica.

L'optimització topològica és un mètode matemàtic que optimitza la disposició del material donat un espai de disseny, les càrregues a suportar, les condicions de contorn i altres restriccions amb l'objectiu de maximitzar el rendiment del sistema.

El mètode convencional utilitza els elements finits (FEM) per avaluar el rendiment del disseny. L'optimització topològica té un gran rang d'aplicacions en aeroespacial, mecànic, bioquímic i enginyeria civil, tot i que avui en dia la majoria d'enginyers la utilitzen a nivell de concepte en el procés del disseny. Degut a les formes lliures naturals que es poden ocórrer, el resultat sempre acaba sent diferent degut a la fabricació del producte. Afegir limitacions a la formulació per tal de millorar la fabricació és un camp obert a la investigació. En alguns casos els resultats poden ser directament fabricats mitjançant fabricació per addició, és a dir, en impressió 3D.

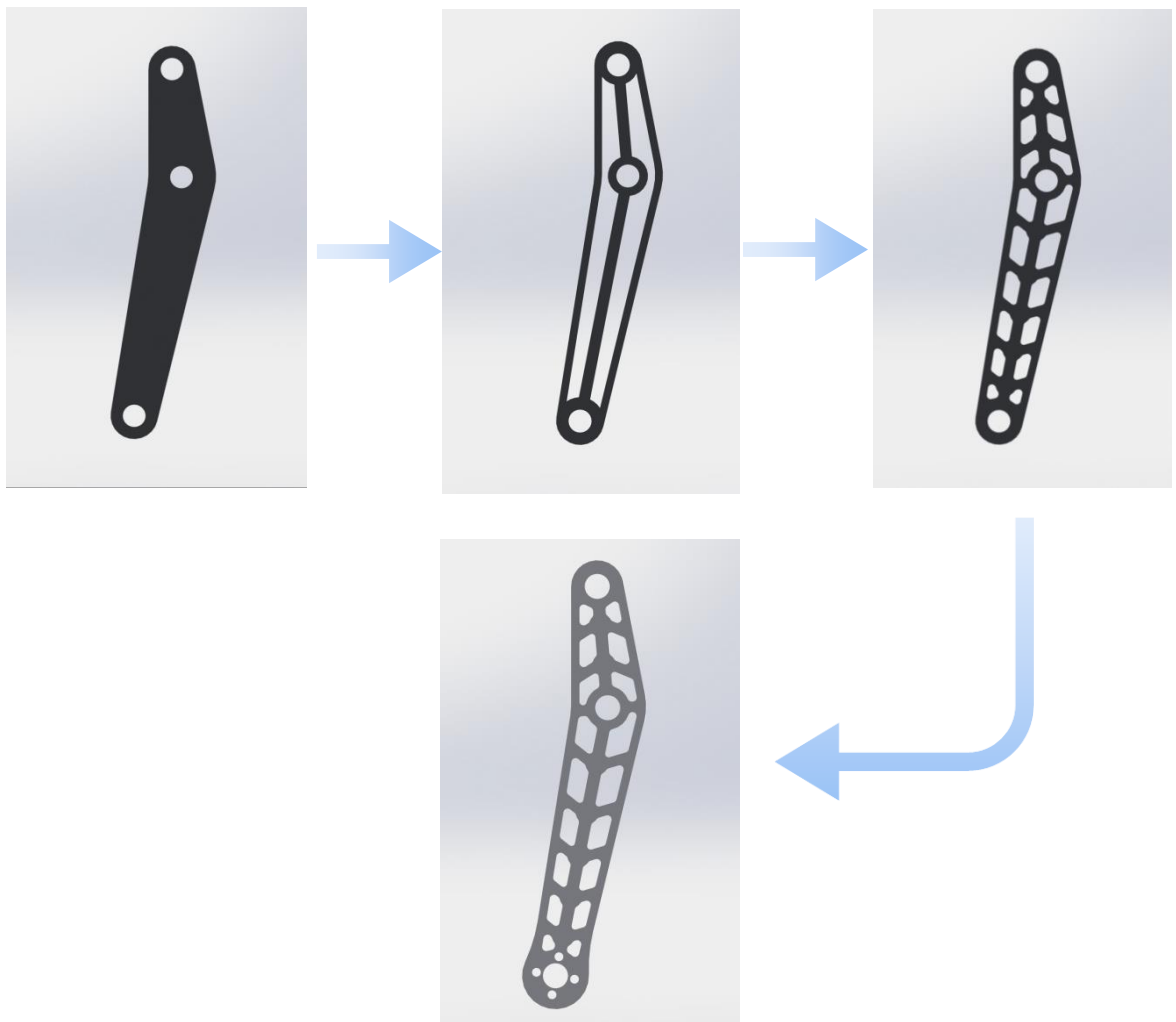


**Figura 6.3:** Exemple d'optimització per FEM (*Frustum*)

En el nostre cas no existeixen limitacions estrictes a l'hora de fabricar les peces ja que són peces planes.

Col·loquialment parlant, la tècnica es tracta de buidar i/o fer forats en la peça que es vulgui optimitzar. Ja que podem considerar les nostres peces en un pla en dos dimensions podem aplicar diverses geometries per optimitzar les peces.

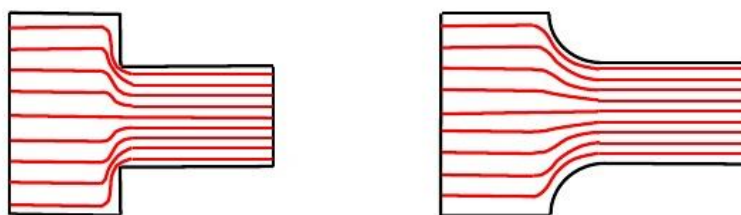
En la primera peça, que anomenarem braç primari, s'ha escollit una geometria d'optimització senzilla, basada en el rendiment ja que és la peça principal que transmet el moviment, connectada amb el motor elèctric. L'optimització dóna com a resultat una disminució aproximada del 45% de material, de 23.618,82 mm<sup>3</sup> a 16.253,48 mm<sup>3</sup>.



**Figura 6.4:** Optimització braç primari

La geometria de la peça consisteix en mantenir el tres forats i el contorn exterior. Llavors solament tindríem dos barres quasi paral·leles, per tant, és necessari afegir un eix central juntament amb nervis per subjectar-se. Al principi de la peça s'hi ha afegit els forats corresponents per adherir-hi l'engrenatge que farà moure el braç.

Com es pot apreciar en la figura 6.4 no hi ha cap angle recte, sinó que tots estan arrodonits. Això ajudarà a prevenir concentradors de tensions ja que les forces es distribueixen uniformement.



**Figura 6.5:** Concentrador de tensions (*SlideShare*)

Les discontinuïtats geomètriques o falta de suavitat d'una geometria actuen com concentradors de tensions. Els extrems de les fissures, les cantonades agudes, els forats i els canvis de secció transversal són típics exemples de concentradors de tensions. Les tensions locals altes poden produir una fallada d'un element resistent més aviat.

Per optimitzar la següent peça del nostre braç articulat també farem ús de l'optimització per topologia, però ja que és més petita i no ha de suportar sol·licitacions grans podem utilitzar geometries més estètiques, sempre que es basin en evitar els concentradors de tensions.

L'estructura o forma d'aquesta geometria prové de l'observació a la naturalesa. Un clar exemple són les xarxes de Havers i canals de Volkmann. Aquestes xarxes es troben en els filaments dels óssos i en el teixit cel·lular del cervell. La idea general és aplicar la informació de l'organització cel·lular d'un teixit en forma de gràfic, el qual es denomina diagrama de Voronoi. El nom prové del matemàtic ucraïnès Georgy Feodosevich Voronoy (1868-1908) qui va definir el diagrama de Voronoi.

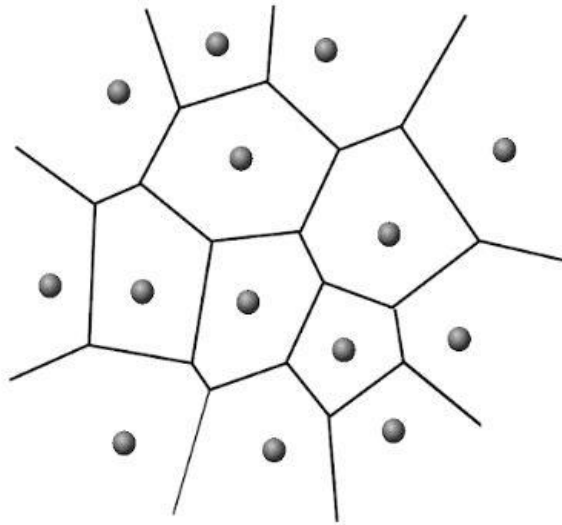


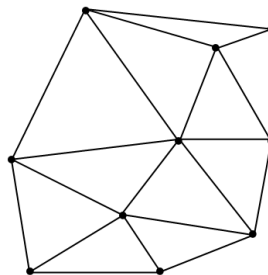
Figura 6.6: Diagrama Voronoi (Wikipedia)

La majoria d'aquestes formes i diagrames comencen per la utilització de la triangulació Delaunay. La triangulació de Delaunay maximitza els angles interiors dels triangles de la triangulació. Això és molt pràctic perquè en usar la triangulació com a model tridimensional els errors d'arrodoniment són mínims. Per això, en general s'utilitzen triangulacions de Delaunay en aplicacions gràfiques. En aquestes triangulacions, els nodes de la xarxa són els centres de les cèl·lules, i dos d'elles estan connectades si el seu polígon Voronoi té una cantonada en comú. Per fer-ho més entenedor, ho explicarem pas per pas com si ho volguéssim dibuixar a mà.

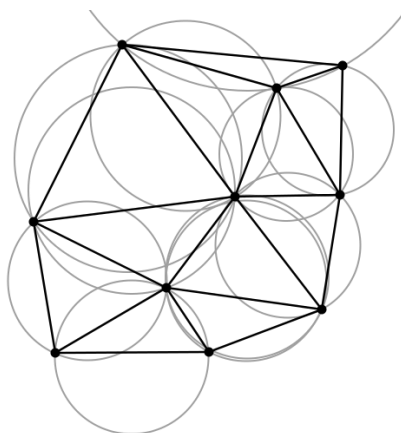
1. En l'espai blanc, es creen punts aleatoris d'on es vol construir una triangulació



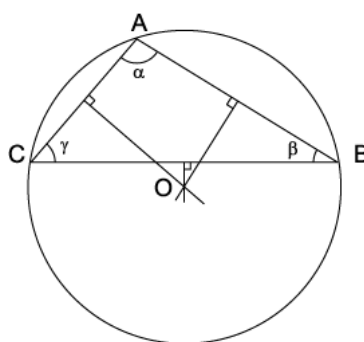
2. S'uneixen els vèrtexs amb línies rectes



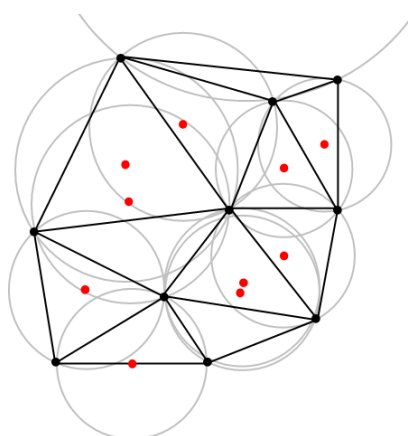
3. Es construeixen circumferència circumscrites de cada triangle



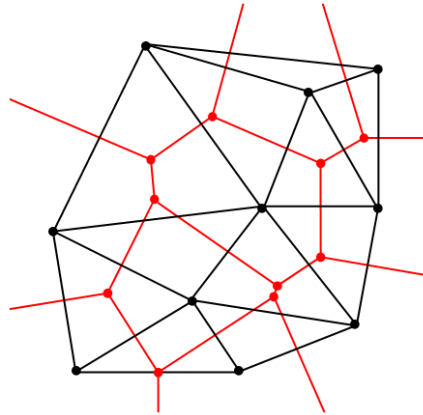
4. Els tres vèrtexs A, B, C del triangle ABC estan a la mateixa distància del circumcentre O



5. Es remarquen els seus centres



6. Connectant els centres de les circumferències circumscrites es produeix el diagrama de Voronoi



El següent pas és aplicar el diagrama de Voronoi al nostre projecte. Existeixen dos softwares molt recents que es poden considerar els òptims per utilitzar l'optimització topològica.

El primer és Generate, de la companyia Frustum. Es pot utilitzar directament des de la seva web, fent possible la seva utilització des de qualsevol plataforma amb accés a internet. Funciona important l'arxiu del model en 3D en format STEP i afegint tot tipus de sol·licitacions com forces puntuals, forces distribuïdes o moments, juntament amb les restriccions de moviment necessàries, el programa processa la peça utilitzant mètodes per elements finits (FEA). El resultat no és exactament una geometria Voronoi, però és molt útil per fer-nos una idea de les zones on podem prescindir de material.

Ara que ja sabem com és comporta la nostra peça, podem aplicar la geometria Voronoi que millor s'adapti. El segon software que utilitzarem és Fusion 360 d'Autodesk. S'ha escollit precisament aquest perquè està més encarat a la fase de disseny i perquè pot incorporar extensions o aplicacions que ajuden a complementar el disseny. Aquestes aplicacions es poden trobar a la botiga de Fusion 360 a internet i la majoria són gratuïtes. La que utilitzarem pel nostre projecte es diu Voronoi Sketch Generator, que ens ajudarà a crear diagrames de Voronoi segons el nostre criteri escollit.



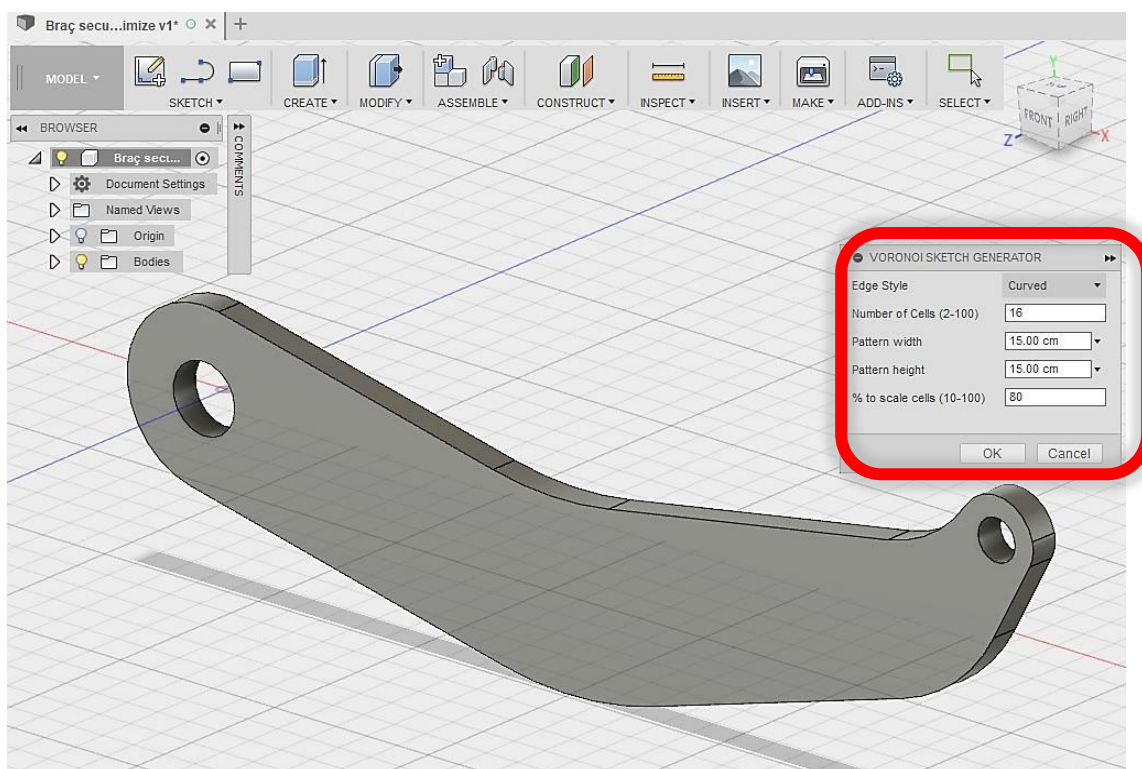


Figura 6.7: Optimització braç secundari (Fusion 360)

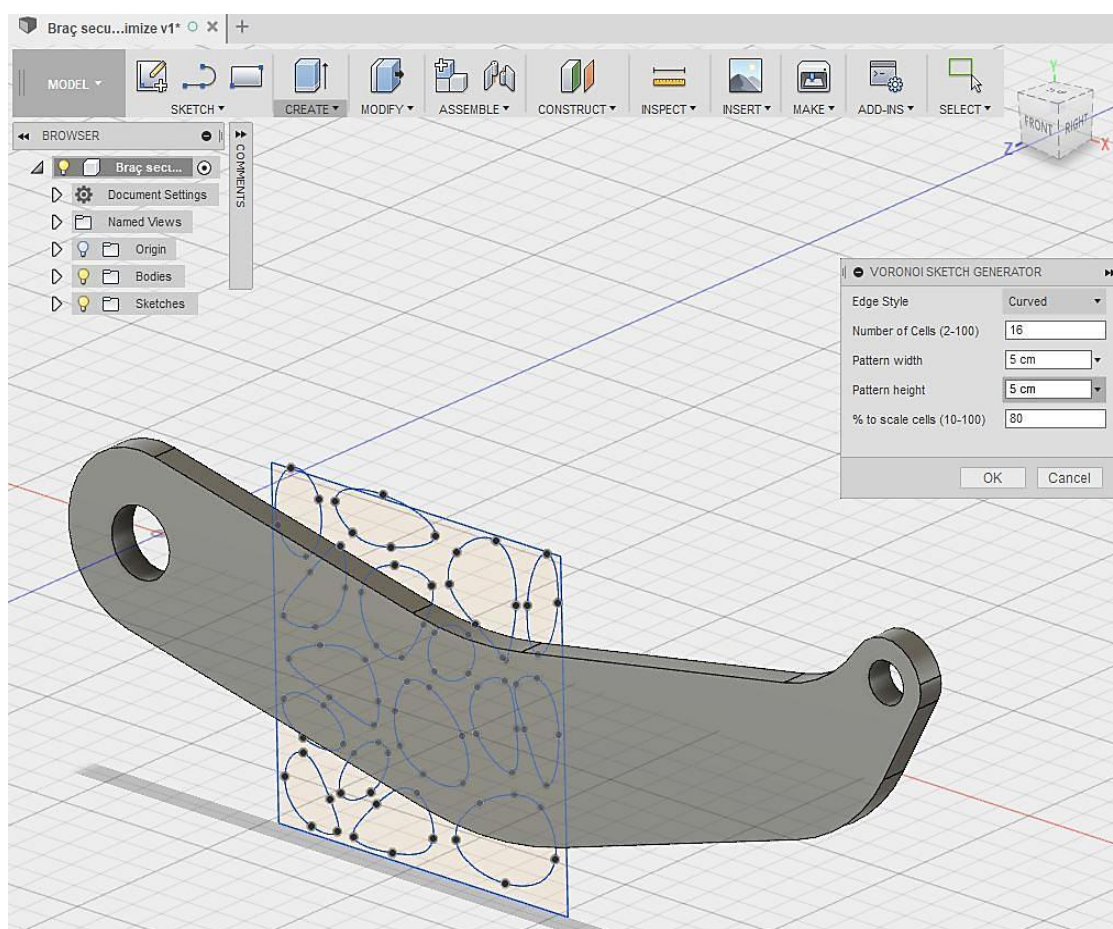


Figura 6.8: Diagrama Voronoi generat (Fusion 360)

L'aplicació ens permet escollir els paràmetres que definiran el diagrama generat. Amb aquests paràmetres podem configurar el nombre de cèl·lules, l'àrea del diagrama, la mida de les cèl·lules i l'estil de cantonada, si bé corbada o recta. Com ja s'ha comentat anteriorment, sempre escollirem un tipus de cantonada corbada per minimitzar l'efecte de concentradors de tensions.

Un cop el diagrama ja s'ha generat el podem editar, canviant la mida dels orificis, redistribuint-los per a que una zona de la peça tingui més densitat d'orificis o no. Aquest procés requereix d'una evolució o progrés en el dissenys per tal d'obtenir la configuració òptima en aspectes de disseny, estètica i estructuralment. Com es mostra en la figura següent, podem apreciar com la peça ha sofert diferents canvis per tal d'adaptar-se a les necessitats que van apareixent durant el disseny del conjunt en general.

Aquesta evolució consta de 4 passos que explicarem detalladament:



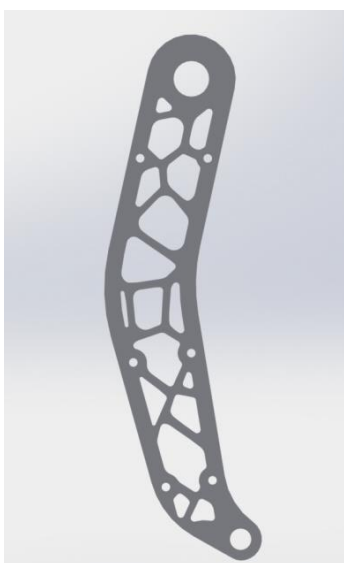
A. La segona peça d'estudi, que hem anomenat braç secundari, adopta una forma en L més pronunciada que el braç primari pel fet que no faci falta peces llargues per poder arribar al terra des d'una altura de 27 cm que mesura el robot. En la primera fase del disseny es crea la peça massissa amb els forats corresponents per introduir-hi els eixos que subjectaran l'estructura. En aquest cas, els dos forats mesuren el mateix: 8 mm de diàmetre.



B. El següent pas consisteix en introduir la geometria Voronoi desitjada per tal d'evitar l'excès de material. En un primer instant es vol aconseguir una reducció de material generosa, en altres paraules, la geometria òptima per poder tenir el mínim pes possible i pugui resistir a les sollicitacions necessàries al mateix temps. Es vol mantenir un cert espessor en el contorn de la peça per dos motius: donar-li continuïtat al disseny general de la peça i perquè sobretot en la zona de la corba interior és on hi hauran més tensions, en aquest cas de compressió.



C. Seguidament, és el moment de pensar en la fase de fabricació de la peça. Tenint en compte que és una xapa de 4 mm, s'haurà de fabricar mitjançant tall per làser. Això vol dir que s'ha de tenir en compte la precisió de la màquina en termes de gruix de paret mínima. Si les parets de la geometria Voronoi fossin molt primes, el làser podria passar dos cops pel mateix lloc, eliminant el nervi o paret que hi hagi, provocant que sigui més susceptible a tenir una ruptura de la peça en aquella zona. El fabricant recomana deixar un espessor de paret mínima de 2 mm. També s'afegeixen forats per poder-hi subjectar els accessoris necessaris per la presa de dades de la sonda.



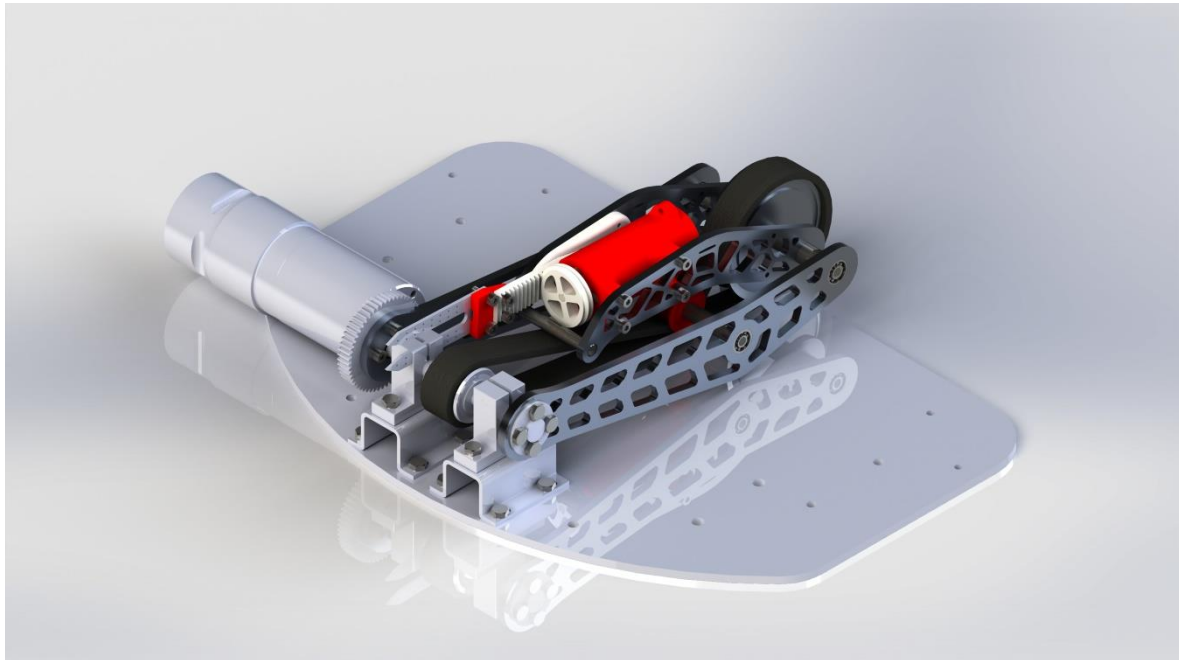
D. Un cop som coneixedors de totes les peces i accessoris del conjunt de la estructura hem de tornar a redissenyar alguns aspectes més detallats. Aquests detalls són: introduir més forats pels possibles accessoris futurs que pugui tenir, la desviació d'un dels extrems ja que obstrueix el pas de la sonda al haver-hi un eix pel mig com ja veurem més endavant, i finalment la mesura final dels forats. El forat superior és de 10 mm de diàmetre per coincidir amb la politja que s'ha utilitzat, i el forat de l'altre extrem solament serveix l'estructura paral·lela i fixa. Per tant, no és necessari tenir un diàmetre gran de 8 mm com abans, sinó que el podem reduir a 6 mm de diàmetre.

## 7. Elements de l'estructura mecànica

En aquest apartat s'explicaran tots els elements i accessoris que conforme el conjunt de l'estructura. Aquests elements es compondran d'elements de màquines normalitzades com poden ser rodaments i altres peces dissenyades des de zero.

### 7.1. Fixació de l'estructura

Per entendre millor com s'ha fixat l'estructura al robot mòbil ens serà de gran ajudar fer una ullada prèvia a l'assemblatge del conjunt.



**Figura 7.1:** Renderitzat de l'assemblatge recollit

Com es pot apreciar en la figura 7.1, l'assemblatge està recollit, és a dir, en la posició d'origen. La base plana gran és la xapa que va unida a la plataforma del robot. La seva forma perimetral coincideix amb la plataforma del robot.

La base incorpora una sèrie de forats que coincideixen amb els forats ja fets a la plataforma i així poder-se subjectar. La problemàtica esdevé quan volem unir la xapa doblegada en forma de U invertida a la base. Es necessiten fer quatre forats per xapa, vuit en total, a més a més dels forats corresponents a la base per poder-se unir. Ara bé, no està permès foradar la plataforma del robot.

Això implica que per poder muntar les peces roscades, cargol i rosca, es necessita un espai entre base i plataforma per poder unir els elements roscats.

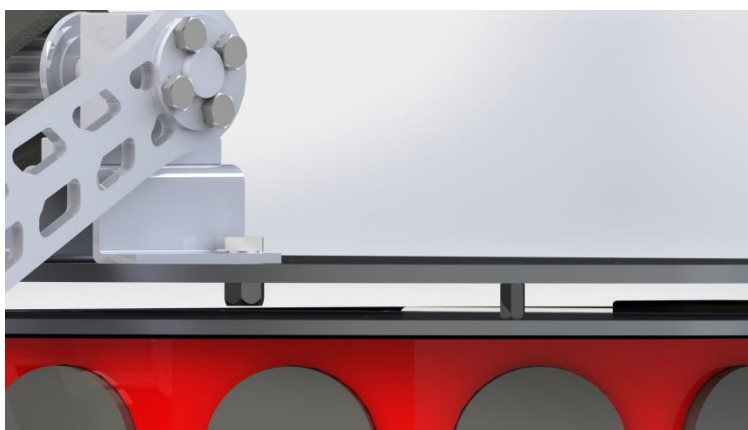
Una de les opcions és crear un pont a la zona on es subjecten les peces de xapa doblegada. Aquest es crea doblegant la xapa de la base fent dos doblecs paral·lels, creant una zona elevada on anirien fixades les peces i dos zones on anirien fixades xapa amb xapa a la plataforma del robot. Però el fet de doblegar una peça gran i mantenir la planitud de les dos zones de la xapa que estan en contacte amb la plataforma és molt difícil d'aconseguir ja que la màquina plegadora o l'operari han de tenir molta precisió.

La solució adoptada és crear una separació elevat la base i així tenir accés a la part inferior de la base. L'encarregat de fer aquesta separació són els aïlladors, que també són elements roscats.



**Figura 7.2:** Separador hexagonal mascle-femella (RS)

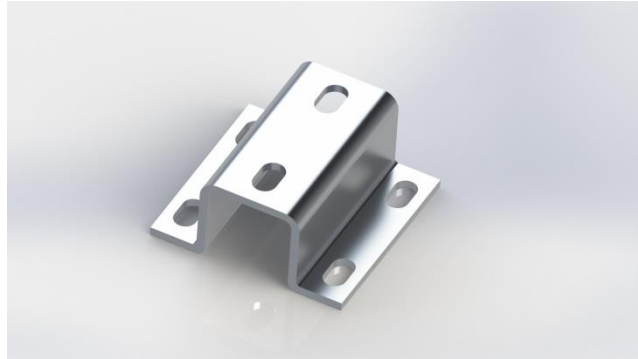
Normalment s'utilitzen en plaques base electròniques per mantenir una separació per poder fer la unió de cablejat, però amb la mida adequada podem introduir aquest element al nostre projecte.



**Figura 7.3:** Separació entre base i plataforma del robot

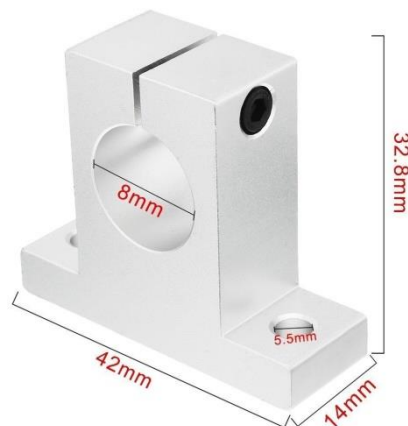
La separació s'aconsegueix amb un separador hexagonal mascle-femella de mètrica 3 amb una longitud de 8 mm que garanteix l'espai suficient per accedir a la zona inferior de la base.

El següent element, ja introduït anteriorment són el que anomenarem les xapes elevadores. La seva funció és distanciar-se de la base per donar altura a l'aparell, de tal manera que el braç primari de l'estructura pugui recórrer més graus i inclinar-se més.



**Figura 7.4:** Xapa elevadora

Es tracta d'una xapa de 2 mm d'espessor amb 4 doblecs, on la part inferior s'introdueixen els cargols per fixar-se amb la base i en la part superior per unir les fixacions lineals. Com es pot apreciar en la figura 7.4 els forats no són perfectament circulars sinó que són el·líptics per tal que la unió sigui més senzilla i modificable. Les fixacions lineals s'utilitzen comunament en guies per a màquines CNC. En el nostre cas s'han utilitzat per fixar l'eix principal de l'estructura, on estarà allotjada la primera politja.



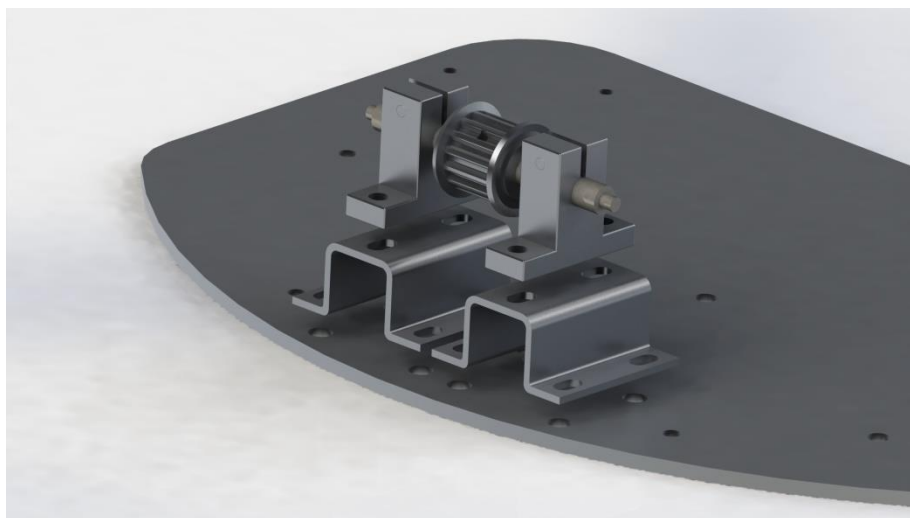
**Figura 7.5:** Guia lineal (Amazon)

La utilització d'aquest tipus de guies és molt pràctica ja que ja incorpora el seu propi cargol per mantenir ben fixat l'eix que s'hagi d'introduir i facilita el muntatge.

Per tant, s'ha aconseguit mantenir fixa l'estructura utilitzant elements roscats, que permetran que el muntatge i desmuntatge del conjunt sigui possible. En altres paraules, podrem aconseguir que



l'estructura sigui intercanviable fent possible la seva utilització en altres aparells i no solament en el robot mòbil utilitzat en aquest treball.



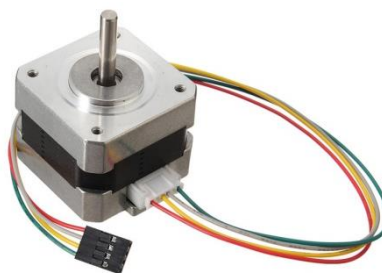
**Figura 7.6:** Explosionat del elements fixes

## 7.2. Moviment de l'estructura

Per poder moure el braç articulat s'han de considerar una sèrie de paràmetres per poder realitzar l'acció del moviment.

### 7.2.1. Motor elèctric

Com és intuïtiu de pensar, el moviment és produït per un motor elèctric. El motor ha de ser compatible i factible per l'accionament del braç. En una primera instància es va proposar utilitzar un motor de pas a pas.



**Figura 7.7:** Motor pas a pas (Aliexpress)

El motor pas a pas és capaç de dividir una rotació sencera en un gran nombre de passos, normalment 200 passos fent  $1,8^\circ$  per pas. No s'ha escollit aquest tipus de motors ja que acostumen a oferir poc

parell motor i perquè per la seva activació és necessari utilitzar plaques de control (Arduino, per exemple) i els divers per executar el controlador per monitoritzar els passos que ha de fer.



**Figura 7.8:** Motor amb caixa reductora (RS-online)

Hem de tenir sempre en compte el sobredimensionament i la possibilitat d'intercanvi de peces i eines que puguin ser compatibles i utilitzades pel braç articulat. És per això que és necessari utilitzar un motor de corrent contínua que ens pugui oferir un gran parell motor ja que comparant els dos tipus de motors amb el mateix parell motor, és molt més car un motor de pas a pas. El motor escollit és un motor DC amb caixa reductora de la companyia MFACOMODRILLS.

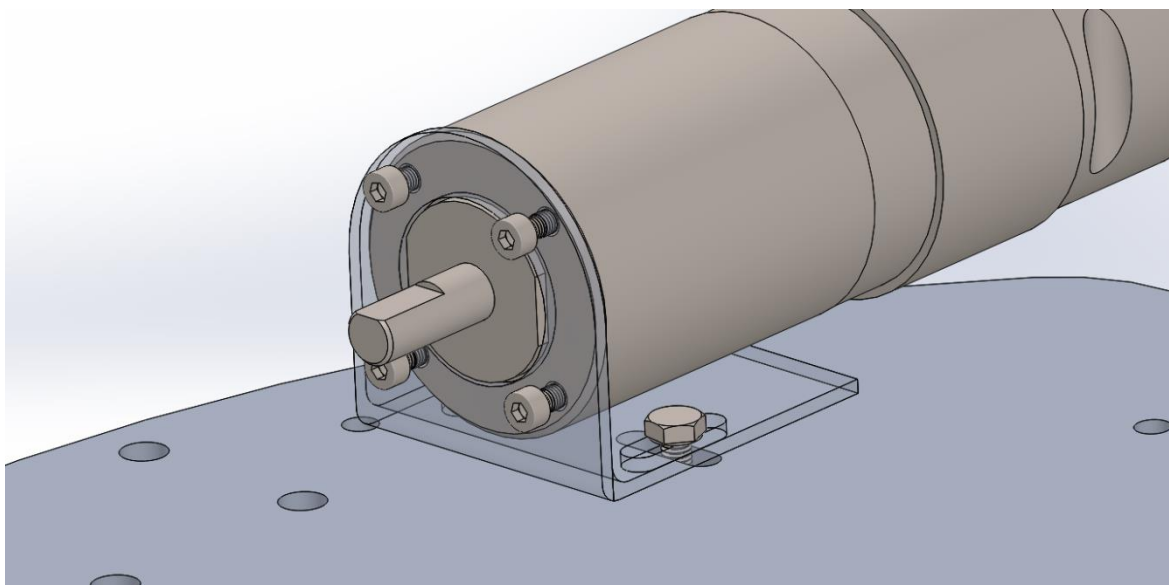
|                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| <b>Número de sèrie:</b>      | 975D            |
| <b>Velocitat de sortida:</b> | 11 rpm          |
| <b>Parell:</b>               | 2,94 Nm         |
| <b>Tensió d'alimentació:</b> | 6-12 V          |
| <b>Tipus de motor DC:</b>    | Amb escombretes |
| <b>Diàmetre de l'eix:</b>    | 8mm             |
| <b>Potència nominal:</b>     | 41,3 W          |
| <b>Corrent nominal:</b>      | 5,5 A           |
| <b>Pes:</b>                  | 683 g           |



|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| <b>Longitud:</b>                      | 118,6 mm   |
| <b>Ratio de reducció:</b>             | 504:1      |
| <b>Eficiència:</b>                    | 52%        |
| <b>Tipus d'engranatges reductors:</b> | Planetaris |

**Taula 7.1:** Dades tècniques del motor 975D

El motor es collarà a la base amb l'ajuda d'una xapa que servirà de suport entre motor i base. El motor conté 4 forats roscats de mètrica 3 per poder-se unir robustament.



**Figura 7.9:** Fixació del motor

L'estratègia que s'ha utilitzat anteriorment per fixar les dues xapes elevadores, en concret els forats no circulars, també ho hem aplicat a la fixació del motor ja que necessitem una bona precisió a l'hora de col·locar l'engranatge que anirà unit a l'eix de motor amb l'engranatge encarregat de transmetre el moviment al braç.

#### 7.2.2. Transmissió del moviment

Per transmetre el moviment de del motor dc fins al braç articulat s'ha utilitzat un sistema d'engranatges. Aquest engranatges s'han fabricat en POM (polioximetilè o poliacetal) mitjançant una fresa CNC de 4 eixos.

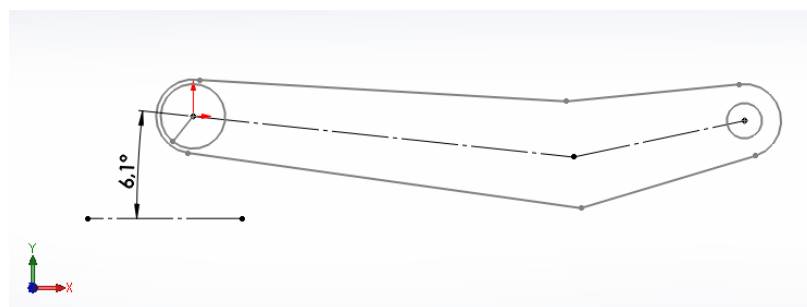


**Figura 7.10:** Mecanització d'un engranatge en fresa CNC (Font pròpia)

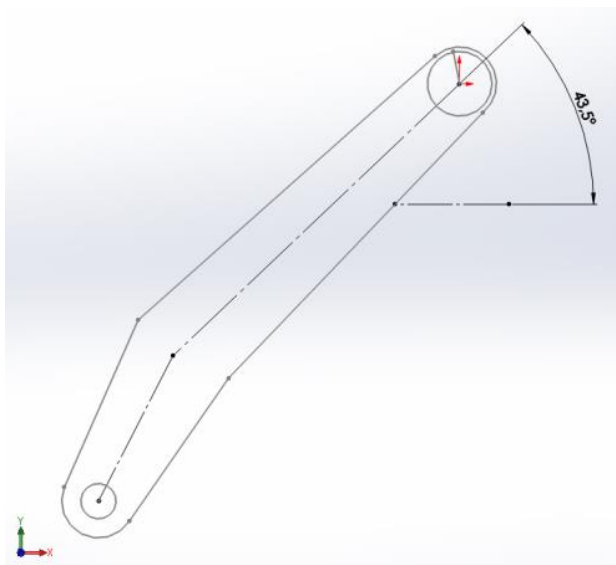
Per dimensionar els engranatges s'ha tingut en compte la relació de transmissió desitjada. Ja que l'engrenatge encarregat del moviment del braç anirà solidari amb ell hem de tenir en compte que tan engranatge com braç giraran a les mateixes revolucions per minut. Per tant, podem estimar quin és el temps que volem que el braç s'estigui movent des del seu punt d'origen fins a la seva posició final.

Ja que el temps d'actuació del braç no és necessari que sigui curt perquè no és l'objectiu principal, s'ha considerat un temps aproximat de 10 segons per realitzar el trajecte de principi a fi. Ara que ja sabem el temps objectiu i les revolucions per minut a la sortida del motor podem fer el dimensionament dels engranatges.

Començarem calculant el trajecte que s'ha de moure el braç.

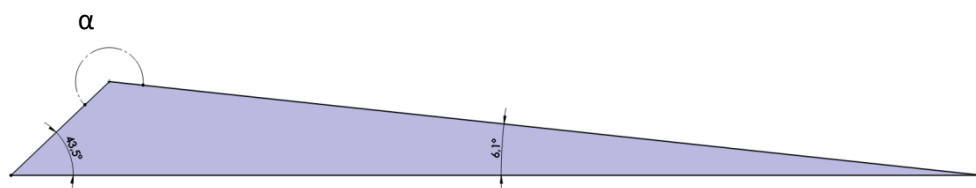


**Figura 7.11:** Posició inicial del braç primari



**Figura 7.12:** Posició final del braç primari

Amb la trajectòria establerta podem saber l'angle  $\alpha$ :



$$180^\circ - 6,1^\circ - 43,5^\circ = 130,4^\circ$$

(Eq. 7.1)

$$\alpha = 360^\circ - 130,4^\circ = 229,4^\circ$$

(Eq. 7.2)

Passem els graus a radians:

$$229,4 \cdot \frac{\pi}{180} = 1,274\pi \text{ rad} = 4,00 \text{ rad} \quad (\text{Eq. 7.3})$$

Imposem el temps de trajecte:

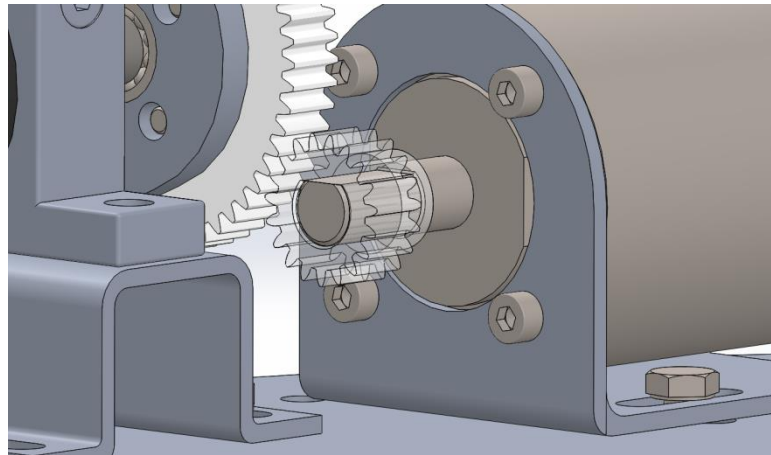
$$10 \text{ s} = \frac{\theta}{w_2} \rightarrow w_2 = \frac{\theta}{10} = \frac{4,00}{10} = 0,40 \text{ rad/s} \quad (\text{Eq. 7.4})$$

Amb la velocitat angular de sortida i la d'entrada ja podem calcular la relació de transmissió:

$$11 \text{ rpm} \rightarrow 11 \cdot \frac{2\pi}{60} \text{ rad} = 1,15 \text{ rad/s} \quad (\text{Eq. 7.5})$$

$$i_{1-2} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{1,15}{0,40} = 2,88 \quad (\text{Eq. 7.6})$$

Imposarem el valor de 19 dents i un mòdul de 0,8 per l'engrenatge collat a l'eix del motor per les dimensions i geometria de l'eix (8 mm de diàmetre).



**Figura 7.13:** Engrenatge conductor

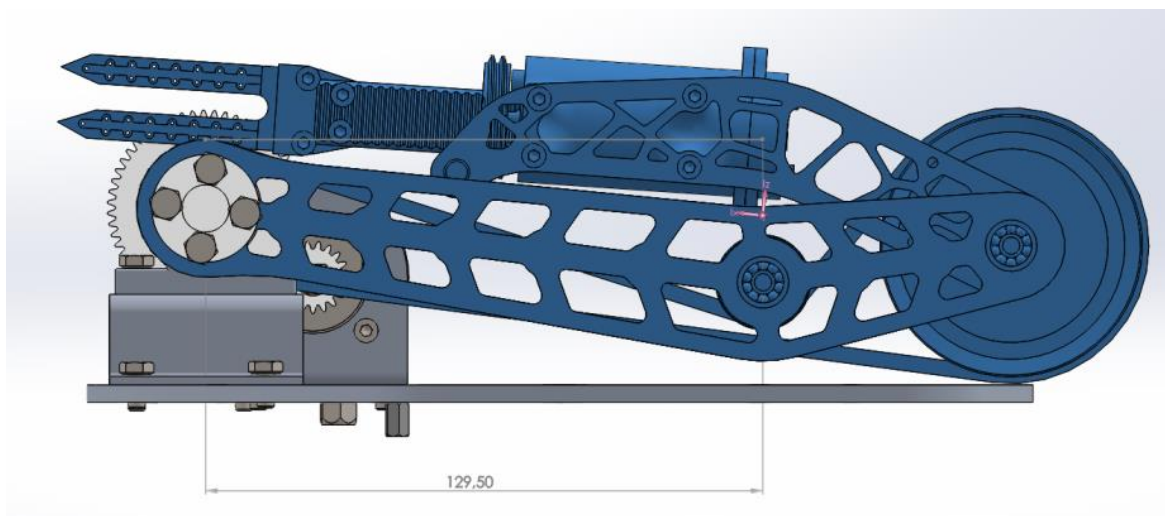
$$i_{1-2} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \rightarrow Z_2 = Z_1 \cdot i_{1-2} = 19 \cdot 2,88 = 54,72 \rightarrow Z_2 = 55 \quad (\text{Eq. 7.7})$$

Amb això, ja podem calcular aproximadament el parell motor de sortida. En aspectes d'eficiència sempre tindrem pèrdues en la realitat, així que per fer els càlculs es considerarà una eficiència del 97%.

$$i_{1-2} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{T_2}{T_1} \rightarrow T_2 = T_1 \cdot i_{1-2} \cdot \eta = 2,94 \text{ Nm} \cdot 2,88 \cdot 0,97 = 8,21 \text{ Nm} \quad (\text{Eq. 7.8})$$

Aquest parell motor és superior a les dos condicions de l'articulació: en posició inicial i final. Ho comprovem:

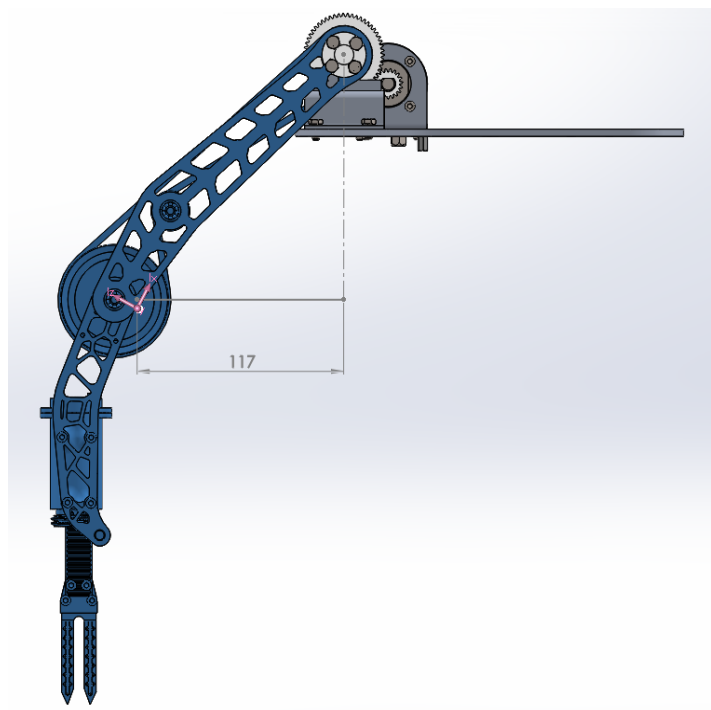
Fent la suma total aproximada de les peces i tirant cap a l'alça pel pitjor cas possible tenim que l'estructura mòbil pesa 600 grams.



**Figura 7.14:** Centre de masses en la posició inicial

Amb l'ajuda del *Solidworks* podem seleccionar les parts mòbils del conjunt i automàticament ens senyala on està situat el centre de masses. En la posició inicial, el centre de masses es troba a 129,50 mm de l'origen de gir. Llavors el *torque* a l'inici ens queda:

$$T_i = P \cdot d = 0,6 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,1295 \text{ m} = 0,76 \text{ Nm} \quad (\text{Eq. 7.9})$$



**Figura 7.15:** Centre de masses en la posició final

Fent el mateix procediment en la posició final tenim que el centre de masses es troba a 117 mm de distància, per tant:

$$T_f = P \cdot d = 0,6 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,117 \text{ m} = 0,68 \text{ Nm} \quad (\text{Eq. 7.10})$$

Finalment tenim que:

$$T_2 \gg T_i > T_f \quad (\text{Eq. 7.11})$$

Podem afirmar que el motor serà capaç de vèncer de sobres les sol·licituds del conjunt. És visible que hi ha un sobredimensionament superior al necessari, però la gran mida de l'engrenatge conduït evitarà que tingui problemes de fatiga per la gran quantitat de cicles o preses de mesura que la sonda haurà de realitzar. A més a més també existeix la possibilitat d'intercanviar o inclús afegir accessoris al braç com per exemple una eina per facilitar la presa de mesura de la sonda en el cas que el terreny sigui prou dur com per gastar o inclús trencar la sonda. Tots aquest suplementes ajuden a augmentar el parell que el motor elèctric hauria de vèncer i en el nostre cas serà capaç de superar-los.

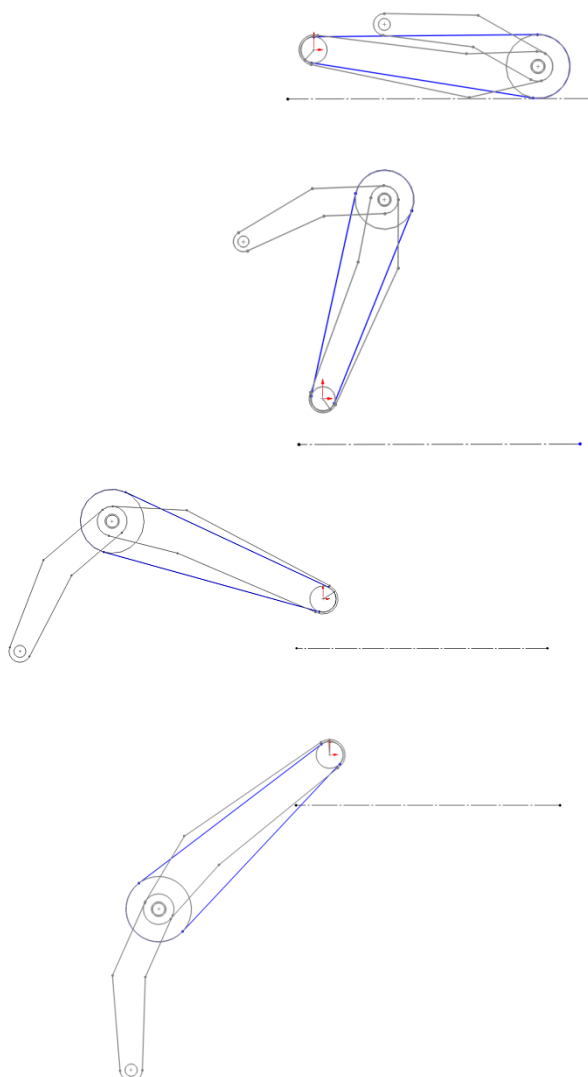
### 7.2.3. Desplegament del braç

Per tal que l'estructura ocupi el menys espai possible en estat de repòs s'ha incorporat un sistema de politges perquè l'estructura es plegui en la seva posició d'origen i que es desplegui en la posició final.

Tenint en compte les dimensions del braç primari i secundari, s'ha d'aconseguir que el braç secundari quedi perpendicular al terra en la posició final per tal que la sonda es pugui moure linealment i perpendicular al terra i així poder fer una penetració òptima al terra.

Per tant, és necessari trobar una relació de transmissió entre dos politges. Les politges estan ubicades al principi de cada braç, és a dir, el braç primari conté les dues, una a cada extrem, i el braç secundari conté la segona politja al principi d'aquest.

Empíricament es troba la relació de transmissió simulant el moviment gràcies a *Solidworks*.



**Figura 7.16:** Desplegament del braç articulat

La relació de transmissió trobada equival a 0,4. Amb la relació trobada, podem dimensionar les politges per tal que siguin el més petites possible, ja que la segona politja és més gran i faríem augmentar el moment que ha de suportar l'estructura.

Les dimensions de les politges són les següents:

$$i_{1-2} = \frac{R_1}{R_2} = 0,4 = \frac{10,73}{26,63} \quad (\text{Eq.7.12})$$

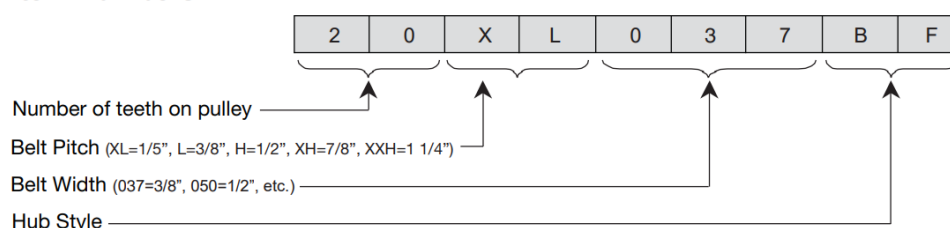
Per tant, tenim que la politja “motriu” té 10,73 mm de radi i la conduïda té 26,63 mm de radi. Aquests radis no han estat escollits a l'atzar sinó que base de prova i error amb dimensions de politges reals s'ha aconseguit arribar a la relació de transmissió ideal. Aquesta mena de test ha estat possible amb l'ajuda de la pàgina web *Misumi-europe*, ja que conté un configurador on

podem escollir totes les especificacions de les nostres politges i inclús poder descarregar un model en 3D de la politja desitjada.

Abans de configurar les politges s'han d'escollir altres dimensions importants. Depenent del fabricant trobarem diferent maneres d'especificar les característiques d'una politja, però encara que no sigui d'una forma ordenada o generalitzada, totes contenen el mateix tipus d'informació.

Com en l'exemple, aquest fabricant les categoritza de la manera següent:

#### How to Read Item Numbers:



**Figura 7.17:** Com llegir les característiques d'una politja (Tsubaki)

Com es pot apreciar en la figura 7.17, les dades d'una politja són el nombre de dents, el pas de la corretja, l'amplada per collar la corretja i la forma de la politja. Per escollir el pas, és a dir, la distància entre una dent i la següent, s'ha escollit comparant amb la seva compatibilitat amb les corretges que podríem utilitzar i la longitud de la corretja. Si ens fixem en la figura 7.16 podem apreciar que la corretja, marcada en color blau, quan està en la posició final interfereix amb la base. La solució adoptada és afegir un petit tensador que realitzarà dos funcions: el propi tensament de la corretja i evitar que la corretja contacti amb altres parts del conjunt.

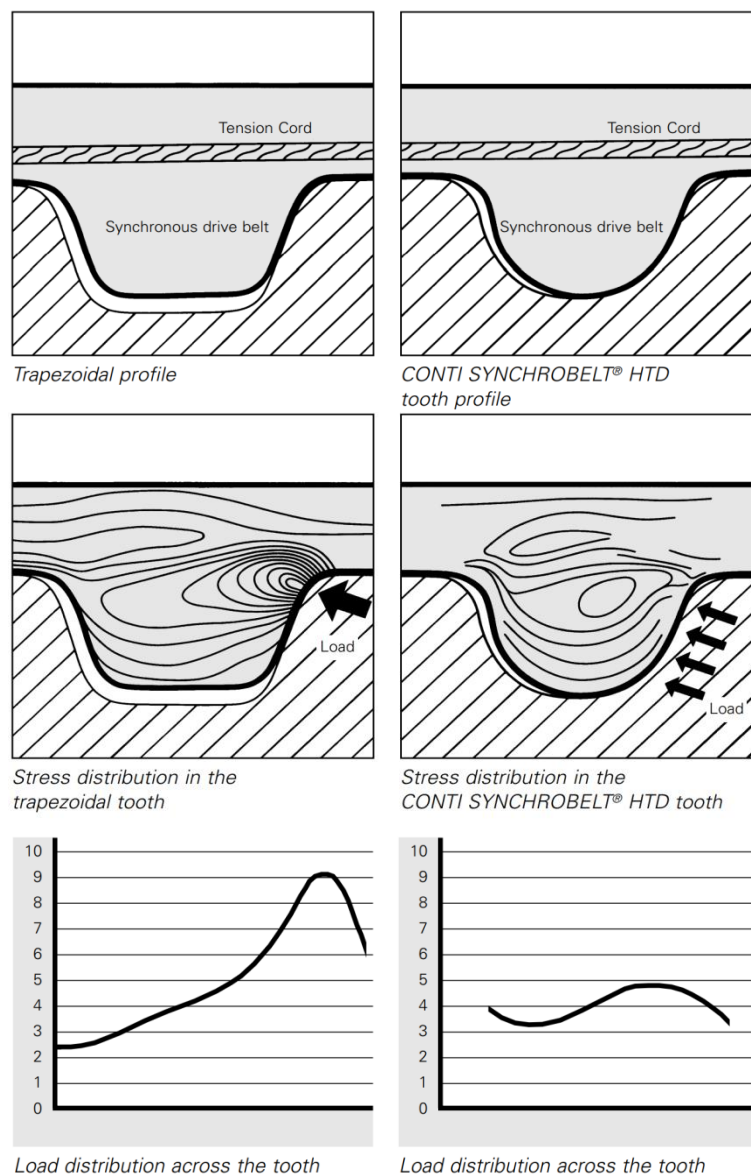
Definida doncs la trajectòria de la corretja, podem fer ús un altre cop de *Solidworks* ja que ens facilita quina és la longitud de la corretja. Aquesta longitud equival a 530,85 mm. El següent pas és buscar en el mercat corretges amb una longitud similar. Existeixen molts proveïdors que ens poden facilitar la compra, en aquest cas s'ha escollit RS-online per fiabilitat i escàs temps d'entrega. Considerant la longitud escollida i que comunament s'utilitzen corretges/politges amb un pas de 5 mm (definides T5) tenim les dades suficients per trobar la corretja.



| Atribut                            | Valor  |
|------------------------------------|--------|
| Longitud                           | 535mm  |
| Amplada                            | 15mm   |
| Espai entre Dents                  | 5mm    |
| Nombre de Dents                    | 107    |
| Material                           | Cautxú |
| Màxima Velocitat                   | 50m/s  |
| Altura del Dent                    | 2,1mm  |
| Mínima Temperatura de Funcionament | -20°C  |
| Màxima Temperatura de Funcionament | +100°C |

**Taula 7.2:** Característiques de la corretja (*RS-online*)

La corretja pertany a la companyia alemanya CONTI SYNCHROBELT HTD, la qual HTD significa “*high torque drive*”. La característica que diferencia aquest tipus de corretges es la forma de la seva dent ja que no es trapezoïdal com són comunament, sinó que tenen forma circular.



**Figura 7.18:** Distribució de les tensions (CONTI SYNCHROBELT HTD)

Amb la corretja escollida i sent coneixedors dels dos paràmetres fonamentals per escollir les politges, pas i amplada, podem procedir. Com ja s'ha comentat anteriorment, farem ús de l'eina que ens facilita la web *misumi-europe*. El configurador, com es mostra en la figura 7.19, ens permet escollir els diferents paràmetres que definiran la politja.

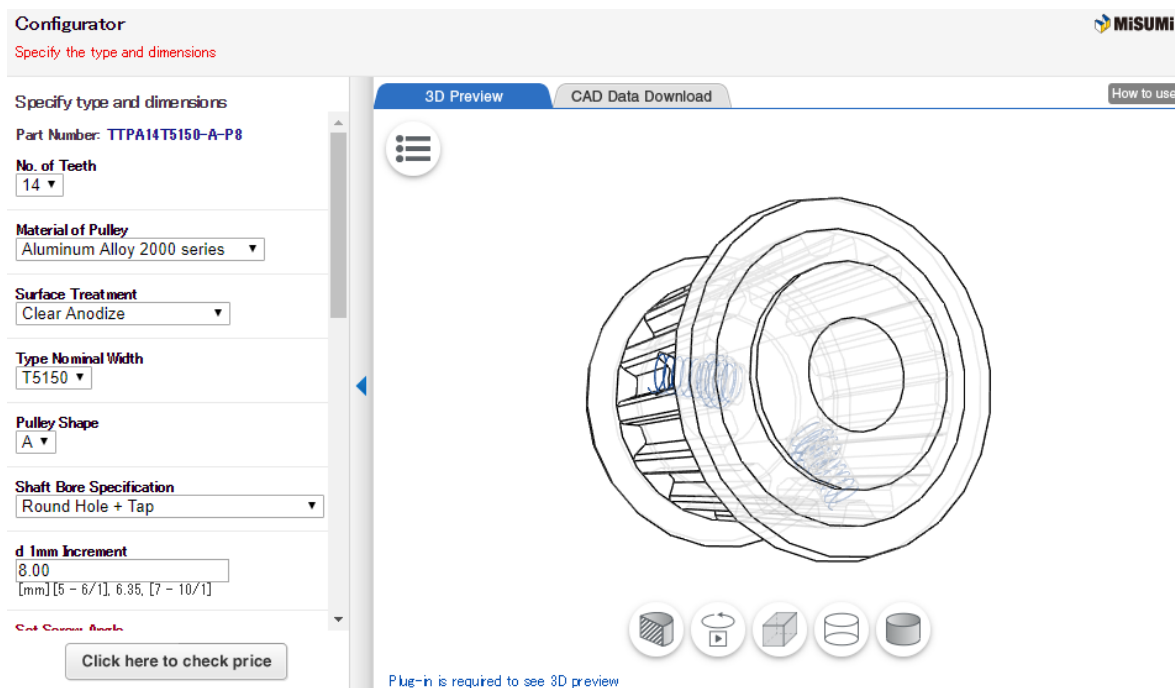


Figura 7.19: Aplicació web per configurar una politja (misumi-europe)

L'aplicació ens permet escollir al gust del consumidor quines característiques tindrà la politja i el seu preu. Un cop generada, ens crea un codi, que com anteriorment hem esmentat, ens defineix la politja.

A    B    C    D    E    F    G  
 └───┘ └───┘ └───┘ └───┘ └───┘ └───┘  
 TTPA14T5150-A-P8

- A. Type Timing Pulley Aluminium
- B. 14 dents
- C. Type 5. Pas de 5,0 mm
- D. Amplada de 150 mm
- E. Tipus A
- F. Orifici cilíndric amb 2 cargols presoners
- G. Diàmetre de l'orifici 8 mm

El tipus A fa referència a la forma de la politja. Existeixen molts tipus, però per aquest en concret en podem trobar dos, tipus A i tipus B.

### •Pulley Shape

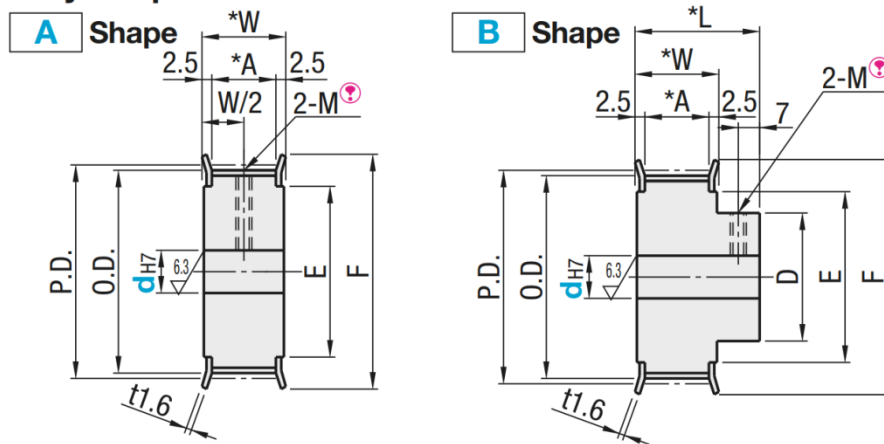


Figura 7.20: Tipus de politges T5 (misumi-europe)

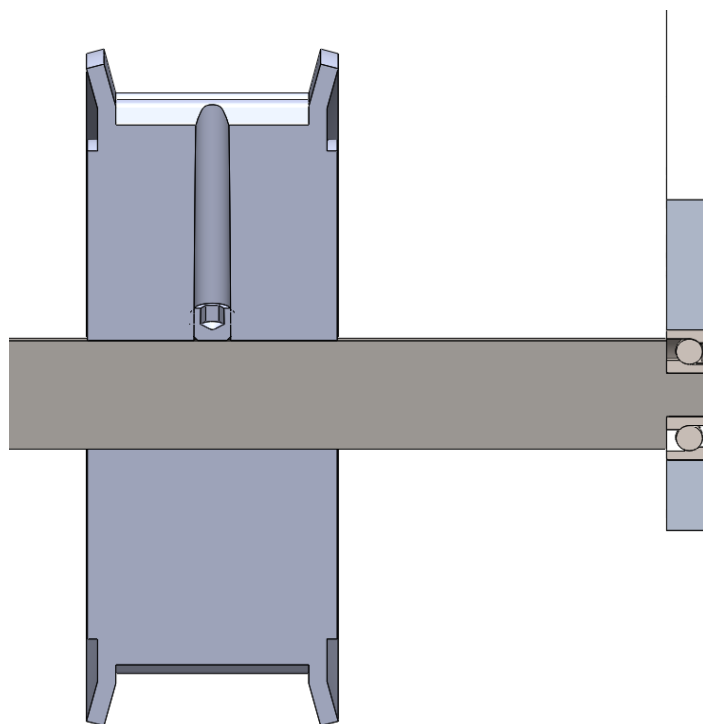
La segona politja, més gran, s'ha adquirit del mateix proveïdor i seguint els mateixos passos que amb la primera politja. La diferència són el nombre de dents (34) i el diàmetre de l'orifici (10) ja que és el mínim per l'augment de mida de la politja. Per tant, el codi quedarà així: TTPA34T5150-A-P10



Figura 7.21: Corretja i politja (Font pròpia)

La ubicació de les politges es troba al principi i final del braç primari subjectades per eixos de 88 mm de llarg i amb el diàmetre corresponent per acollar-se a les politges, 8 i 10 mm de diàmetre. La peça que servirà de tensador s'ha imprès en plàstic ABS per la seva senzillesa. Està ubicat entre les dos politges amb un eix de 8 mm de diàmetre.

Per poder fer que el moviment del conjunt sigui possible és necessària la utilització d'elements rodats que facilitin la translació del braç articulat.



**Figura 7.22:** Vista en secció de la ubicació del rodament

Tenint en compte la fixació del rodament, compta amb la pròpia fricció en el seu contorn i la reducció de diàmetre en l'extrem de l'eix per evitar el moviment axial.

S'ha realitzat una reducció de diàmetre fins als 4 mm. Per tant, escollirem un rodament amb diàmetre interior de 4 mm i espessor 4 mm ja que coincideix amb el gruix del braç. La tercera dada dimensional és el diàmetre exterior, que imposarem que sigui major que el diàmetre màxim (10 mm) per tal que l'eix no tingui contacte amb les parets del braç. Aquest diàmetre, per tant, serà de 12 mm. Com en les politges, les dades d'aquestes dimensions també s'han hagut d'ajustar a l'oferta que existeix en el mercat.

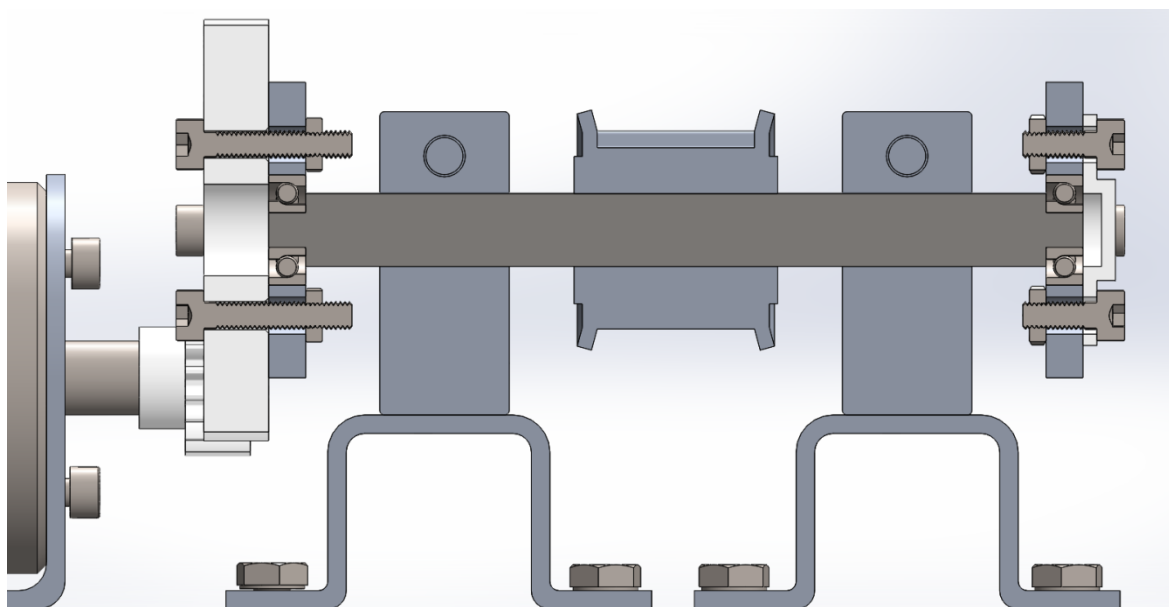
Com es pot observar en la figura 7.22, el rodament escollit és de boles i la raó és perquè no sofreix esforços axials i per tant no necessitem incloure un rodament de corrons o d'agulles. El rodament de boles és l'ideal en el nostre projecte. En la figura també s'aprecia la cavitat de la politja on hi va allotjat el cargol presoner, encarregat de fixar la politja amb l'eix solidàriament.

En total, faran falta 6 rodaments, dos per cada eix. El proveïdor escollit és *RS-online* i el rodament té les següents característiques:

| Atribut                         | Valor           |
|---------------------------------|-----------------|
| Diàmetre d'Entrada              | 4mm             |
| Diàmetre de Sortida             | 12mm            |
| Tipus de Rodament de Bola       | Ranura Profunda |
| Amplada d'Anell                 | 4mm             |
| Tipus d'Extrem                  | Segellat        |
| Número de Files                 | 1               |
| Valor Nominal de Carga Estàtica | 348.8kN         |
| Material                        | Acer Inoxidable |
| Tipus d'Anell                   | Pla             |
| Valor Nominal de Carga Dinàmica | 936kN           |
| Tipus de Calibre                | Paral·lel       |
| Màxima Velocitat - Grassa       | 38000rpm        |
| Màxima Velocitat - Oli          | 40500rpm        |

**Taula 7.3:** Característiques del rodament (RS-online)

Els dos rodaments allotjats a l'eix principal, és a dir, el més pròxim a la base, també conté elements que permeten la seva restricció de moviment, com es pot veure en la figura següent:



**Figura 7.23:** Vista en secció de la ubicació dels rodaments

El rodament de l'esquerra està restringit pel canvi de secció de l'eix i per la mida del diàmetre de l'engrenatge gran. El rodament de la dreta també està sotmès a la restricció de l'eix, a més a més d'incloure una tapa circular on també la mida del diàmetre interior permet fixar la part exterior del rodament.

#### 7.2.4. Actuació de la sonda

La segona part del braç articulat s'encarregarà de subjectar la sonda i els components necessaris per fer-la moure.

Degut a que el seu moviment consisteix en un desplaçament lineal, inserir al terra i la seva retirada, s'ha escollit un sistema de cremallera i vis sens fi per moure la sonda, és a dir, passar d'un moviment rotacional a un de longitudinal.

L'encarregat del moviment rotacional és un motor elèctric semblant al que ja tenim per moure l'estructura, però en aquest cas el pes del motor és un factor a tenir en consideració. El motor escollit serà amb caixa reductora i té les següents característiques:

- Voltatge operacional: 6 - 18 V
- Voltatge nominal: 12 V
- Velocitat sense càrrega: 17 rpm
- Corrent sense càrrega: 50 mA
- Corrent amb càrrega màxima: 1200 mA
- Ràtio de reducció: 1:500
- Mida del reductor: 27 mm
- Pes: 96 g

El motor incorpora dos forats roscats de mètrica 3 que serveixen per fixar el motor, per tant, s'ha hagut de dissenyar una carcassa per fixar el motor i al mateix temps que estigui unit al braç.



**Figura 7.24:** Carcassa del motor impresa en ABS (Font pròpia)

La carcassa, com el tensador, s'han imprès en la impressora 3D Stratasys uPrint SE Plus amb una definició de 0,01" (0,254 mm) per capa. A la part inferior conté dos orificis per introduir els cargols al motor, en canvi a la part superior, on es connecta el cablejat, s'hi allotja una tapa unida amb dos cargols i dos rosques per introduir bé el motor dins la carcassa. Perquè el conjunt tingui una bona ergonomia, el motor anirà ubicat paral·lelament al braç. Llavors, s'han hagut d'afegir les fixacions al costat de la carcassa. La carcassa conté 4 forats a un costat on hi aniran allotjats acoblaments de llautó amb mètrica M3.



**Figura 7.25:** Acoblament de llautó (RS-online)

La funció de l'acoblament o *insert* és fer de rosca dins d'un orifici. L'acoblament s'introdueix a pressió, normalment en materials plàstics ja que l'acabament superficial de l'exterior permet una bona unió entre l'acoblament i el forat. La geometria i posició dels 4 forats de la carcassa estan fets per coincidir amb els del braç secundari. Per tant, es subjectarà motor i carcassa a un dels dos costat del braç, en canvi a l'altre costat hi anirà allotjat els elements que subjecten la sonda.

Com s'ha comentat anteriorment, l'accionament de la sonda es realitzarà mitjançant una cremallera i una roda vis sens fi. El vis sens fi estarà unit a l'eix de sortida del motor, adoptant la mateixa geometria de l'eix per assegurar la unió. Per les dimensions de la roda, s'ha escollit un mòdul molt petit (M0,8) per aportar millor eficiència i un desplaçament poc bruscat.

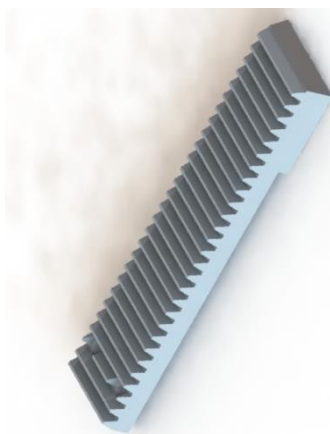


**Figura 7.26:** Ubicació del vis sens fi

Ja que és una peça amb molts detalls i necessitem que sigui precisa s'ha escollit fabricar-la mitjançant la impressora 3D de *Formlabs, Form 2*, amb tecnologia SLA que permet una definició de 0,025 mm per capa.



L'altra peça fonamental és la cremallera, lògicament també amb un mòdul M0,8 per coincidir amb la roda. En un intent de minimitzar els esforços per fer moure la cremallera s'ha decidit per fabricar-la amb material PTFE, més conegut com tefló, ja que és reconegut pel seu baix coeficient de fricció. La cremallera anirà posicionada dins una guia que també farà de suport per la cremallera. S'ha personalitzat la cremallera per tal que estigui ben fixada al suport i perquè tingui un final de carrera, això s'aconsegueix mitjançant un esglaó que impedirà que la cremallera avanci més del compte.



**Figura 7.27:** Cremallera

Degut a la personalització de la cremallera s'ha fabricat en una fresa CNC. Aquesta cremallera conté una longitud de recorregut establerta (45 mm) però per altra banda la seva longitud total és fàcilment modificable. Segons l'entorn d'aplicació del braç articulat, és a dir, en terrenys on hi hagi deformitats, o bé l'intercanvi del robot mòbil, que pot afectar en l'altura total del conjunt, aleshores tindrem l'opció d'instal·lar una cremallera més llarga o més curta segons els requisits de l'aplicació.

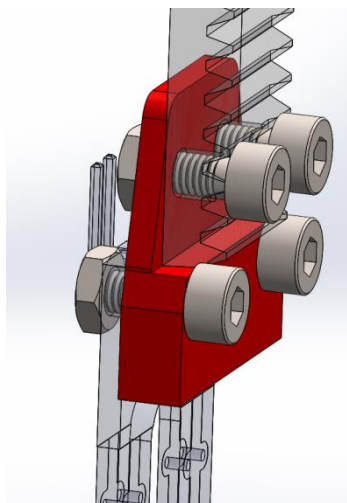
El suport-guia de la cremallera s'ha dissenyat paral·lelament a la cremallera per la compatibilitat que requereixen. La fricció també és un aspecte a tenir en consideració, per això l'objectiu també és fabricar el suport amb PTFE. La problemàtica esdevé a l'hora de fabricar-lo. Degut a la seva geometria que manté la cremallera unida al suport, conté zones negatives, en altres paraules, zones on una fresa de 4 eixos de la que disposem, no pot mecanitzar. És per això que s'ha decidit fabricar el suport en la mateixa impressora SLA per la manca de restriccions en quant a la geometria de la peça. Tot i que hem hagut d'obviar el material ideal per minimitzar la fricció, s'han aplicat altres tècniques per intentar aconseguir una disminució d'aquesta. Es tracta d'evitar el contacte entre el suport i la cremallera, és a dir, tenir la mínima zona de contacte possible.



**Figura 7.28:** Guia-suport

Creant zones amb absència de material mostrades en la figura 7.28 s'aconsegueix reduir al mateix temps tan la fricció com el pes de la peça. El disseny d'aquests forats allargats recau en la direcció del moviment de la cremallera per mantenir un desplaçament suau i homogeni. Com es pot apreciar, existeix una, sota l'esglaó, amb una superfície llisa i gran. En aquesta zona és on la cremallera rep la força originada pel vis sens fi. És per això que és necessària una zona per rebre i distribuir els esforços, ja que de no ser així, la cremallera es podria flexionar provocant una inserció de la sonda al terra incorrecta, és a dir, inclinada, i degut a la flexió de la sonda es podria trencar fàcilment. La fixació de la guia al braç es realitza mitjançant tres forats roscats amb una mètrica M3 a la part anterior de la peça.

Finalment, tenim la sonda i la seva fixació. Ja que el moviment de la sonda ha d'anar solidari amb la cremallera, s'ha dissenyat una peça per tal d'unir la sonda amb la cremallera, evidentment, a l'extrem de la cremallera.



**Figura 7.29:** Suport de la sonda

La peça conté dos zones de fixació, una per la sonda i l'altra per la cremallera. Ja que la sonda ja incorpora dos forats a la part superior ens serviran de referència pels forats de la peça. Ara bé, per fixar el suport amb la cremallera és necessari utilitzar més d'un element roscat, sinó la sonda i el suport pivotarien sobre l'únic cargol, provocant una incorrecta posició de la sonda. Per tant, s'ha utilitzat dos cargols per restringir el moviment. El suport conté un esglaó on coincideix amb la part final de la cremallera. Això permetrà que la força aplicada es distribueixi correctament. La peça s'ha imprès en FDM ja que no necessita una definició de detall elevada.



**Figura 7.30:** Posició final i inicial de la cremallera (*Font pròpia*)

## 8. Prototipatge

En el transcurs del desenvolupament del projecte s'ha fabricat un prototip senzill. L'objectiu de la creació del prototip recau en verificar el disseny, relació de transmissió de les politges i autoaprenentatge per muntar l'assemblatge final.

### 8.1. Màquines utilitzades

S'ha disposat de diverses màquines per fabricar algunes de les peces com ja s'han comentat breument en altres apartats. Les màquines utilitzades pertanyen a l'empresa Zobebe España S.A. Aquestes màquines són:

Impressores 3D:

- Formlabs Form 2: Es tracta d'una impressora amb tecnologia SLA. A partir d'un tanc de resina reacciona quan hi incideix llum ultravioleta. Aquesta tecnologia és més cara que les convencionals, però permet tenir uns acabats millors i una definició de capa de 0,100 mm 0,050 mm i 0,025 mm depenent del tipus de resina que utilitzem. Les dimensions màximes de construcció són de 145x145x175 mm. L'inconvenient és que les peces requereixen d'un post-procés elaborat. Un cop la peça s'ha fabricat, aquesta conté suports que s'hauran de retirar amb alicates de tall de precisió. Abans però, la peça recent sortida de la impressora, s'ha de submergir en un tanc d'alcohol per retirar la resina excedent que ha quedar adherida a les parets



**Figura 8.1:** Impressora 3D Form 2 (Formlabs)

de la peça. Quan ja han passat uns 15 minuts aproximadament, sempre depenent de la mida de la peça, la podem retirar. És important respectar el temps que està dins l'alcohol ja que si hi està massa temps, a partir d'una hora, la peça es començarà a deformar per l'acció de l'alcohol. A la pàgina web de *Formlabs* hi ha una tabulació amb les diferents resines i els temps estimats per diferents alcohols, demostrats empíricament. Un cop la peça s'ha retirat i hem assecat l'alcohol, s'introdueix dins un forn de rajos UV. Aproximadament, al cap de dos

hores de curació la peça ja està llesta per extreure els suports i ja conté les propietats mecàniques esperades del material utilitzat.

- **Stratasys uPrint SE Plus:** La segona impressora en qüestió és de tecnologia FDM, més enfocada a crear peces amb una velocitat més ràpida que la *Formlabs*. Per crear peces funcionals ràpidament sense tenir en compte en l'acabat o estètica és ideal. A diferència de la tecnologia SLA, podem imprimir una peça amb dos materials. Un dels filaments serveix per crear la peça en si, i l'altre serveix de suport. Aquesta màquina funciona en polzades, per tant, la seva definició és de 0,013" i 0,010" (0,330 mm i 0,254 mm respectivament). L'avantatge d'aquesta tecnologia és la facilitat en el post-procés. Simplement necessitem retirar el material de suport o bé podem posar la peça sencera dins un tanc de sosa càustica amb ultrasons ja que el material de suport és soluble. Les dimensions per construir les peces són de 203x203x152 mm.



**Figura 8.2:** Impressora 3D uPrint SE Plus (Stratasys)

**Fresadora CNC:** La fresadora Roland MDX-50 és una fresadora d'escriptori ideal per fabricar peces petites de plàstic. És capaç de mecanitzar ABS, POM, Nylon, PVC, PTFE, escumes i fustes entre d'altres. Conté el seu propi software CAM que ajuda a accelerar el procés ja que és senzill i intuïtiu d'utilitzar. Les màximes dimensions mecanitzables són de 400x305x105 mm. Pot arribar a una definició de 0,01 mm. Té una velocitat màxima d'alimentació de 60 mm/s en els eixos X i Y, i 50 mm/s en l'eix Z. Els rangs de velocitat de l'eix van de 4.500 a 15.000 rpm.



**Figura 8.3:** Impressora 3D uPrint SE Plus (Stratasys)

**Torn manual:** Es tracta d'un torn petit i senzill però per crear peces petites treballa millor. Hi ha la possibilitat d'acollar un contrapunt. Es pot fixar la velocitat d'avanç fixa, i mitjançant el panell electrònic s'aconsegueix una precisió millor. Els rangs de velocitat de gir van de 30 a 2.300 rpm.



**Figura 8.4:** Torn de sobretaula D4000E (Font pròpia)



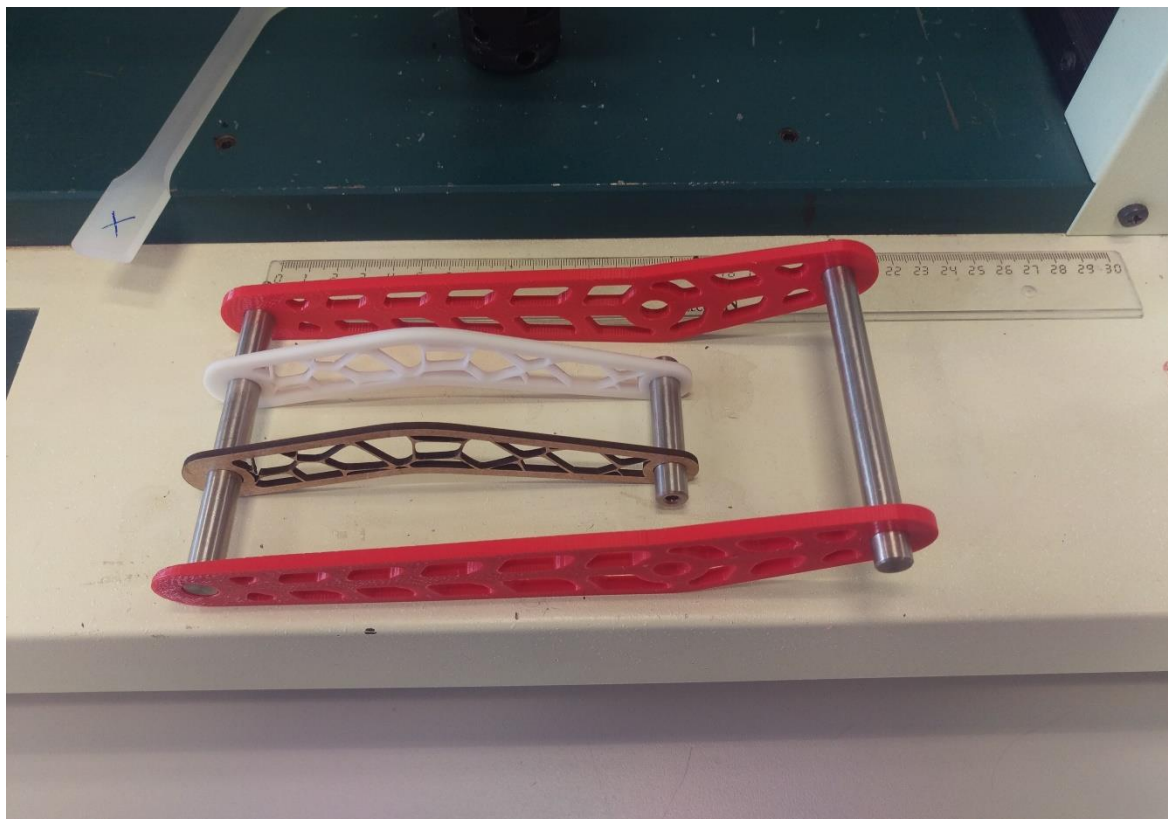
## 8.2. Peces fabricades

Algunes de les figures mostrades a continuació no pertanyen a la seva etapa final de disseny, sinó als inicis del prototipatge. Gràcies a la fabricació d'aquestes i sent capaços de veure les millores possibles es realitza un bon disseny.

Les primeres peces en ser fabricades són els braços.



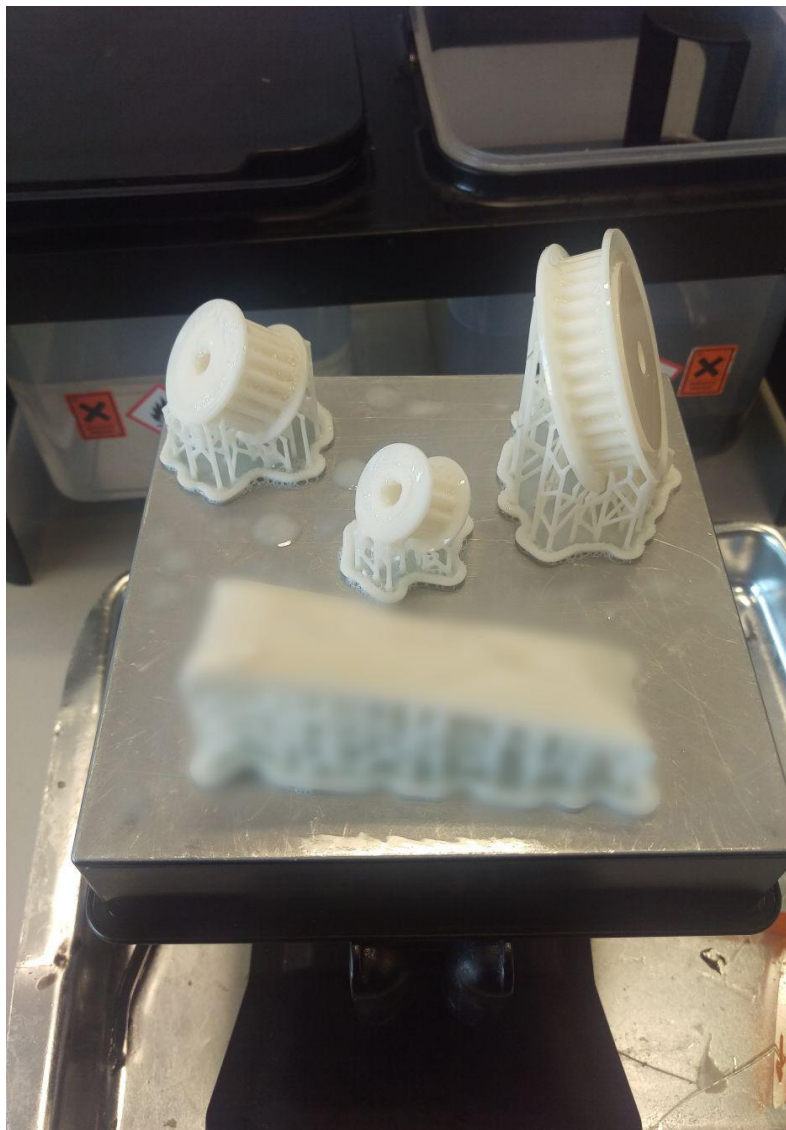
**Figura 8.5:** Braç primari imprès en FDM (*Font pròpia*)



**Figura 8.6:** Primer concepte del braç articulat (*Font pròpia*)

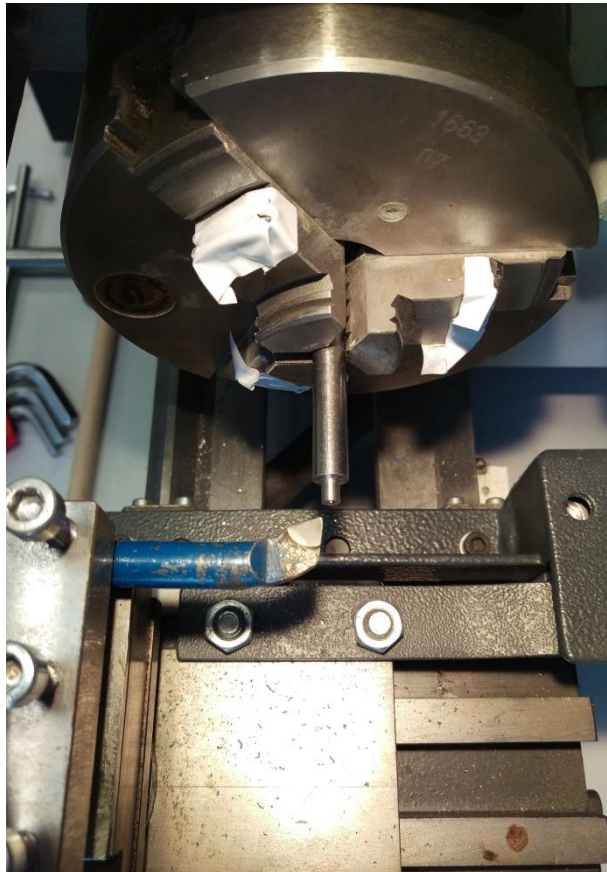
Per una fabricació ràpida, el braç secundari a més a més d'imprimir-se amb SLA també s'ha tallat en una màquina làser de CO<sub>2</sub> una planxa de fusta.





**Figura 8.7:** Peces recent impreses en SLA (*Font pròpia*)

Abans de comprar les politges definitives, s'ha simulat en el prototip senzill que la relació de transmissió sigui la correcta. La figura 8.7 conté una peça protegida i privada. Com es veu en el fons de la imatge, aquestes politges s'introduiran dins l'alcohol per netejar la resina adherida al contorn de les peces.

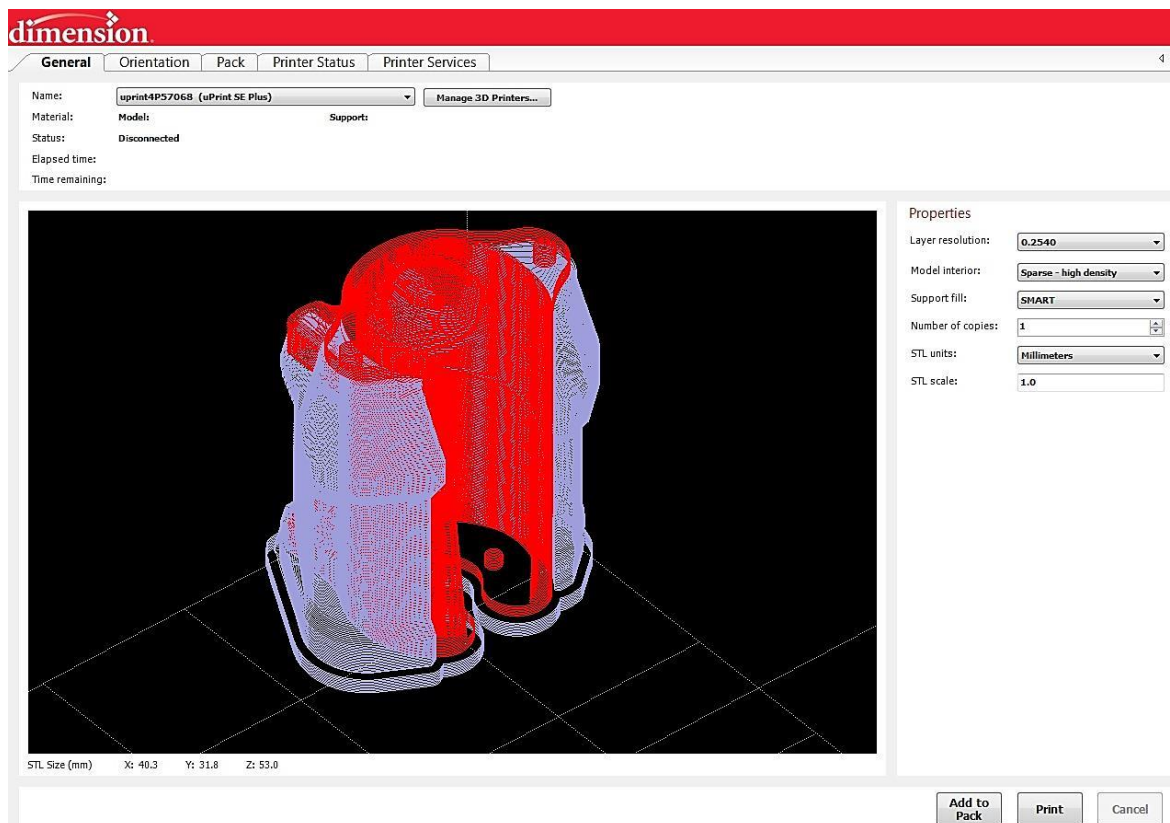


**Figura 8.8:** Tornejat dels eixos (*Font pròpia*)



**Figura 8.9:** Comprovació de la relació de transmissió (*Font pròpia*)

Per mostrar d'una forma general els softwares d'impressió 3D i la fresadora ensenyarem una peça per software per fer-nos una idea.



**Figura 8.10:** Suport del motor en FDM



**Figura 8.11:** Fabricació duplicada del suport amb la tapa (*Font pròpia*)

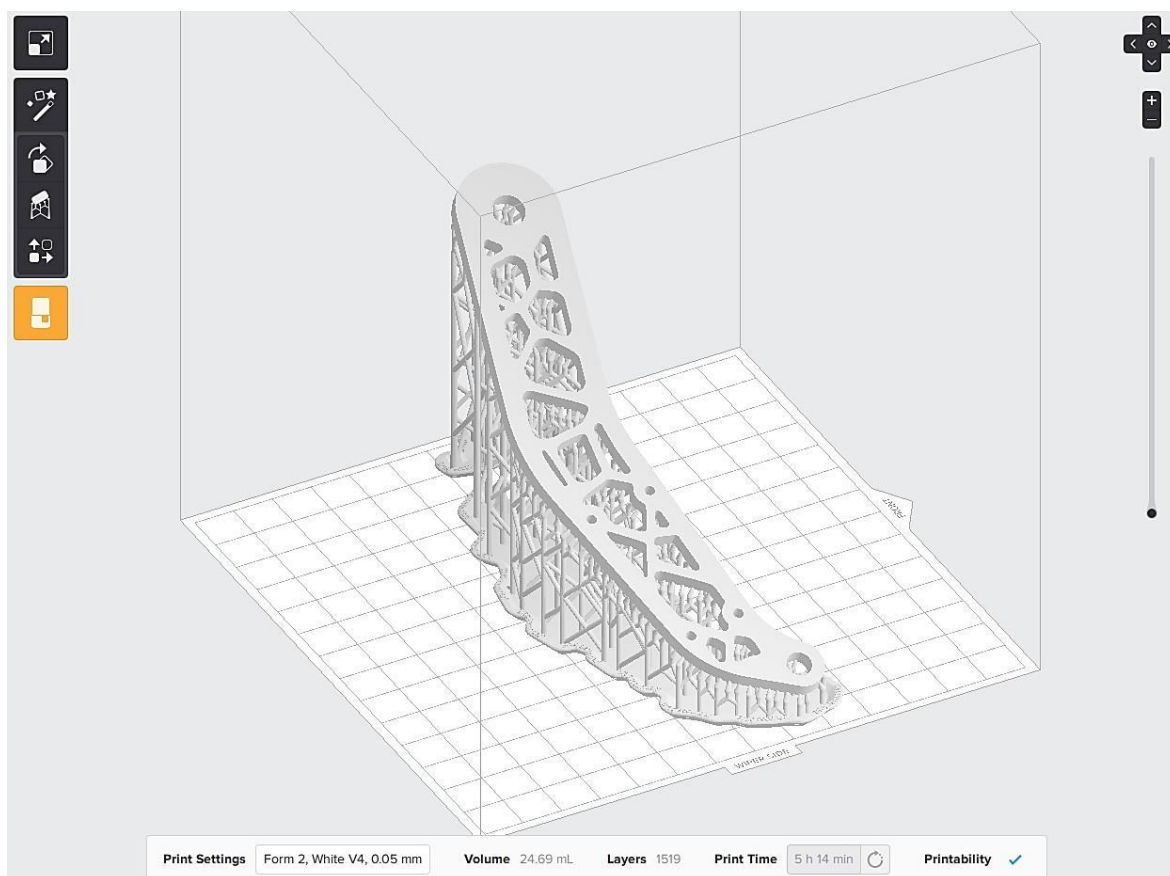


Figura 8.12: Braç secundari en SLA

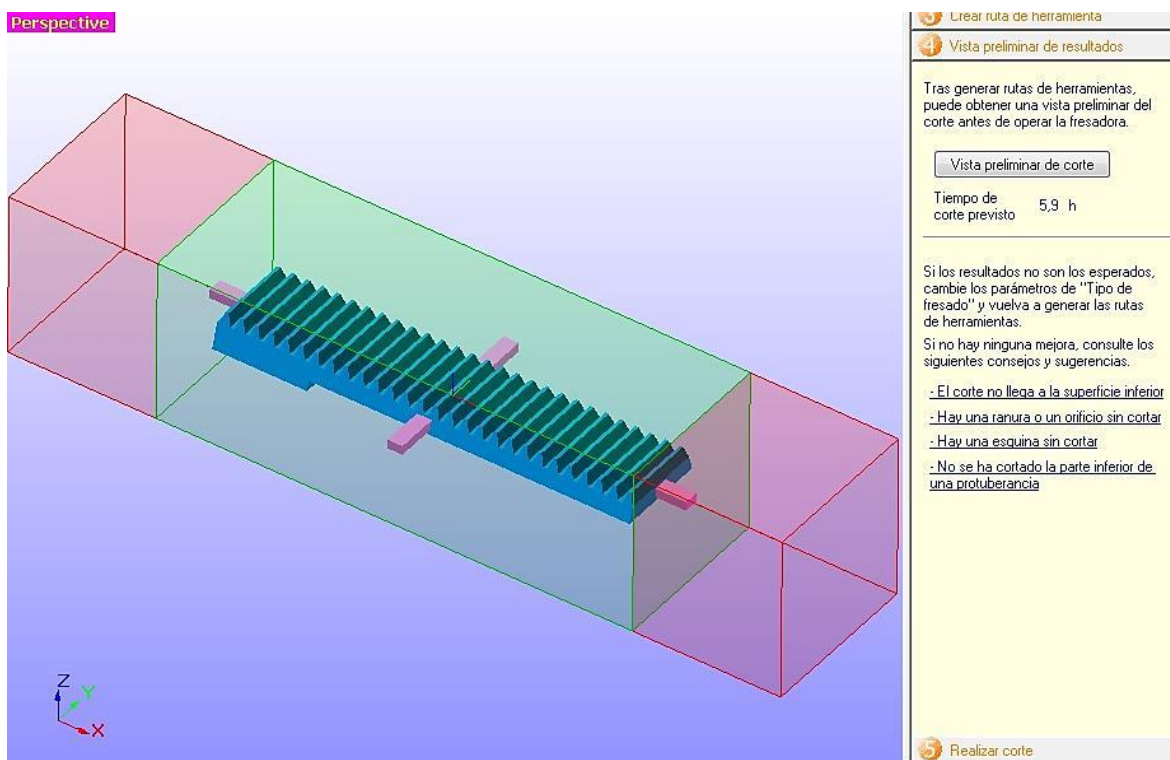


Figura 8.13: Simulació de la cremallera en la fresadora CNC

## **9. Anàlisi de l'impacte ambiental**

L'aplicació d'aquest sistema generarà un impacte positiu de cara a l'ambient. La possibilitat de detectar les diferents característiques del sòl en un espai determinat podrà determinar quines zones d'aquesta àrea conté les propietats necessàries ja sigui per edificar o conreable.

La metodologia de mostreig amb una eina com la que s'ha treballat en aquest projecte resulta molt menys invasiva o destructiva que altres tècniques de mostreig. En quant a les propietats del projecte, és evident que el robot mòbil està accionat per motors elèctrics de corrent continua. Aquests motors funcionen gràcies a la bateria interna del robot, sent així una energia neta i no contaminant ja que no emet cap mena d'agent nociu, ni fums o gasos perjudicials, ni s'utilitza material alcalí provinent de les piles.

En cas que alguna peça es trenqui no podrà retornar al sistema, per tant haurà de ser recollit. L'objectiu del treball és aconseguir un sistema robust, però tot i així hi ha peces que tenen més probabilitats de fracturar-se, com la sonda. El material de la sonda és FR-4, un material de fibra comunament utilitzat en plaques base electròniques. Per tant, la pèrdua d'una part d'aquest material en l'ambient podria danyar-lo.

Tots els materials usats en el mecanisme estan pensats per ser reciclables i intercanviables en cas que es malmetin o si el projecte evoluciona en etapes futures.

En definitiva, el conjunt té un bon impacte ambiental ja que la seva funció primordial és millorar la qualitat d'aquest.

## Conclusions

El treball realitzat conté el requisits que s'han proposat des d'un principi, basats en el disseny per CAD i fabricació d'una estructura capaç d'adquirir dades del sòl. Per aconseguir fabricar el conjunt ha estat necessari un autoaprenentatge en quant a material i mètodes de fabricació, ja que s'ha dut a terme un rang extens de tècniques de fabricació, tant tradicionals com avançades, des de tornejat a mà fins a imprimir en 3D.

No obstant això, existeixen alguns aspectes o detalls del projecte que falten madurar i poden ser millorats en un futur. Un d'ells és l'estudi científic o matemàtic de l'estructura. La quantitat de càlculs aplicats han estat escassos o senzills per la necessitat d'un treball com aquest. Aquesta manca d'estudi prové de la major fiabilitat en la realització de tests reals, ja que per molt bo que puguem aproximar les simulacions amb el mètode científic, sempre serà veraç com actuï en la realitat. Un exemple clar seria les tensions i forces aplicades pel motor elèctric que actua la roda, mou la cremallera i com a conseqüència empeny la sonda dins el terra.

Un altre aspecte on és necessari una implicació en el futur és l'aplicació de l'electrònica. És evident que aquest treball està enfocat a la mecànica, però amb aparells mecànics petits i a més a més avui en dia, és essencial incloure un control electrònic en els aparells mecànics. Si volem que l'estructura sigui perfectament funcional faran falta introduir elements que la complementin. Alguns d'aquests elements són la connexió del cablejat i control elèctric dels motors, la introducció d'aparells de final de carrera per detectar les posicions inicials i finals, i també un sistema per controlar l'actuació d'inserció de la sonda al terra i la seva recollida de dades.

Tot i així, per realitzar el treball sempre s'ha tingut en compte la seva aplicació a la realitat, és a dir, s'han fabricat peces des de zero, s'han obtingut elements de màquines normalitzats com són els rodaments, politges i la corretja, que requereix una cerca avançada per escollir el que més s'adapti al projecte. També ha estat necessària la comunicació amb proveïdors experts per fabricar les peces d'alumini, fabricades en tall per làser i plegat de xapa.

En definitiva, el projecte engloba mecànica, electrònica i química, cadascuna amb el seu pes. Ha estat un procés molt enriquidor i d'aprenentatge sobretot en temes de fabricació assistida per ordinador, la fabricació en sí i el contacte amb tercers per poder tenir un producte innovador i competidor.

## Pressupost

L'anàlisi econòmic d'aquest projecte s'ha estructurat en tres apartats:

- I. Cost de materials i components (BoM)
- II. Cost de maquinària i software
- III. Cost d'enginyeria
- IV. Cost total

### I. Cost de materials i components (BoM)

Els costos del components utilitzats en el conjunt es dividiran pels elements que s'han obtingut directament per proveïdors i els elements que han estat fabricats.

Els valors tabulats a continuació representen el cost real per l'adquisició i/o fabricació de tots els elements pertanyents al projecte. Segons l'element, conté IVA o ja va inclòs en el preu. A més a més, s'ha considerat el cost del transport segons l'element que ho requereixi, ja que per alguns elements és gratuït.

Dividirem el *BoM* en tres apartats:

- Matèria prima i components (1-21): Tots ells tenen la possibilitat de redirigir a la pàgina web original del proveïdor, sempre i quan es visualitzi aquest treball via ordinador.
- Peces fabricades en alumini (22-26): Amb tall per làser i plegat.
- Peces impreses en 3D (27-33): Totes les peces que s'han fabricat no han resultat tenir un cost ja que han estat facilitades per l'empresa Zobebe on hi he estat realitzant pràctiques acadèmiques. Per això, hem fet ús de la web de servei *imaterialise*, on podem penjar la nostra peça en format STL i el programa ens donarà un pressupost per poder adquirir-la. En el pressupost es mostrarà el cost de les peces segons la web per ser coneixedors del seu preu de venda, però en la suma total del pressupost hi constarà únicament el valor proporcional del material que s'ha utilitzat per fabricar les peces en 3D.



| Nº | Nom   | Material        | Proveïdor | Unitats | Preu unitari | Entrega | IVA   | Preu  | Preu acumulat |
|----|---|-----------------|-----------|---------|--------------|---------|-------|-------|---------------|
| 1  | <u>Rodament de boles</u><br><u>RS Pro, Ranura</u><br><u>Profunda, SS604-2RS</u>   | Acer inox       | RS-online | 6       | 3,25         | 5       | 5,15  | 29,65 | 29,65         |
| 2  | <u>Corretja 535 5M 15</u>   | Cautxú          | RS-online | 1       | 7,90         | -       | 1,66  | 9,56  | 39,20         |
| 3  | <u>Varilla 1000x10mm</u><br><u>lot de 5</u>   | Acer inox       | RS-online | 1       | 2,53         | 5       | 1,58  | 9,11  | 48,32         |
| 4  | <u>Varilla 300x8mm</u>  | Acer inox       | RS-online | 1       | 1,64         | 5       | 1,39  | 8,03  | 56,35         |
| 5  | <u>Engranatge dentat</u><br><u>M0,8</u>   | POM             | RS-online | 1       | 2,19         | -       | 0,46  | 2,65  | 59,00         |
| 6  | <u>Motor d'engranatges</u><br><u>DC RS Pro, Con</u><br><u>escombretes, 12 V, 6</u><br><u>→ 12 V dc, 30000</u><br><u>gcm, 11 rpm, 41,3 W</u> | -               | RS-online | 1       | 58,75        | -       | 12,34 | 71,09 | 130,08        |
| 7  | <u>Cargol Allen ISO 4762</u><br><u>M3x10</u>  | Acer inox<br>A4 | RS-online | 23      | 0,44         | -       | 2,11  | 12,16 | 142,24        |
| 8  | <u>Rosca hexagonal M3</u>   | Llautó          | RS-online | 10      | 0,04         | -       | 0,08  | 0,48  | 142,72        |
| 9  | <u>Cargol de fixació pla</u><br><u>M4x8</u>   | Acer inox       | RS-online | 18      | 0,15         | -       | 0,55  | 3,16  | 145,88        |
| 10 | <u>Rosca hexagonal</u><br><u>M4x7</u>   | Acer inox       | RS-online | 18      | 0,08         | -       | 0,30  | 1,73  | 147,61        |
| 11 | <u>Acoblament</u>   | Llautó          | RS-online | 4       | 0,20         | -       | 0,17  | 0,96  | 148,57        |
| 12 | <u>Separador hexagonal</u><br><u>mascle-femella M3</u>  | Llautó          | RS-online | 4       | 0,18         | -       | 0,15  | 0,85  | 149,43        |



|    |  |                     |                         |   |       |       |      |       |               |
|----|--|---------------------|-------------------------|---|-------|-------|------|-------|---------------|
| 13 | <u>TTPA34T5150-A-P10</u>                       | Aluminum alloy 2000 | Misumi-europe           | 1 | 34,70 | 20    | 0,00 | 54,70 | 204,13        |
| 14 | <u>TTPA14T5150-A-P8</u>                        | Aluminum alloy 2000 | Misumi-europe           | 1 | 18,76 | -     | 0,00 | 18,76 | 222,89        |
| 15 | <u>Placa POM 300x200x30 blanca</u>             | POM                 | Misumi-europe           | 1 | 8,96  | -     | 0,00 | 8,96  | 231,85        |
| 16 | <u>Guia rail</u>                               | Alumini             | Amazon                  | 2 | 1,99  | -     | 0,00 | 3,98  | 235,83        |
| 17 | <u>Motor d'engranatges JGA25-370 12V 17RPM</u> | -                   | <u>openimpulse.com</u>  | 1 | 6,08  | 19,68 | 0,00 | 25,76 | 261,59        |
| 18 | <u>Sensor humitat</u>                          | FR-4 i alumini      | e-bay                   | 1 | 4,87  | 5,69  | 0,00 | 10,56 | 272,15        |
| 19 | <u>Resina blanca</u>                           | Resina              | Formlabs                | 1 | 12,25 | -     | 0,00 | 12,25 | 284,40        |
| 20 | <u>Filament ABSplus vermell</u>                | ABS-P430            | GCS                     | 1 | 13,00 | -     | 0,00 | 13,00 | 297,40        |
| 21 | <u>Filament de suport soluble</u>              | SR-30               | GCS                     | 1 | 12,50 | -     | 0,00 | 12,50 | 309,90        |
| 22 | Braç primari                                   | Alumini             | <u>laserpie.com</u>     | 2 | 3,75  | 15    | -    | 22,50 | 332,40        |
| 23 | Braç secundari                                 | Alumini             | <u>laserpie.com</u>     | 2 | 3,75  | -     | -    | 7,50  | 339,90        |
| 24 | Xapa elevadora                                 | Alumini             | <u>laserpie.com</u>     | 2 | 4,50  | -     | -    | 9,00  | 348,90        |
| 25 | Xapa fixació motor                             | Alumini             | <u>laserpie.com</u>     | 1 | 15,00 | -     | -    | 15,00 | 363,90        |
| 26 | Base   | Alumini             | <u>laserpie.com</u>     | 1 | 20,00 | -     | -    | 20,00 | <b>383,90</b> |
| 27 | Suport cremallera                              | Resina              | <u>imaterialise.com</u> | 1 | 9,08  | -     | -    | 9,08  | 392,98        |
| 28 | Roda vis sens fi                               | Resina              | <u>imaterialise.com</u> | 1 | 8,13  | -     | -    | 8,13  | 401,11        |
| 29 | Protecció rodament                             | Resina              | <u>imaterialise.com</u> | 1 | 5,93  | -     | -    | 5,93  | 407,04        |

|                           |                |          |  |   |       |   |   |          |        |
|---------------------------|----------------|----------|--|---|-------|---|---|----------|--------|
| 30                        | Carcassa motor | ABS-P430 | <a href="http://imaterialise.com">imaterialise.com</a> | 1 | 81,90 | - | - | 81,90    | 488,94 |
| 31                        | Tapa motor     | ABS-P430 | <a href="http://imaterialise.com">imaterialise.com</a> | 1 | 36,40 | - | - | 36,40    | 525,34 |
| 32                        | Suport sonda   | ABS-P430 | <a href="http://imaterialise.com">imaterialise.com</a> | 1 | 42,00 | - | - | 42,00    | 567,34 |
| 33                        | Tensador       | ABS-P430 | <a href="http://imaterialise.com">imaterialise.com</a> | 1 | 46,20 | - | - | 46,20    | 613,54 |
| <b>Preu unitari total</b> |                |          |  |   |       |   |   | 237,45 € |        |
| <b>Preu total</b>         |                |          |  |   |       |   |   | 383,90 € |        |

## II. Cost de maquinària i *software*

En aquest apartat tractarem les eines que han fet falta per realitzar el projecte. Pel cost d'aquests elements s'ha aplicat una amortització segons la llei d'impostos de societats que recull taules de percentatges i períodes d'amortització que es troba en l'annex 4. S'ha comptabilitzat d'aquesta manera ja que és el cost real de l'ús que s'ha fet dels elements, ja que no ha fet falta adquirir cap element per aquest projecte.

| Nom   | Proveïdor         | Unitats | Preu adquisició | Preu/hora | Hores | Preu  | Preu acumulat |
|---|-------------------|---------|-----------------|-----------|-------|-------|---------------|
| Ordenador portàtil                                | Toshiba           | 1       | 800,00          | -         | -     | -     | 0,000         |
| <u>Solidworks</u> llicència standard(educacional) | Dassault systèmes | 1       | 1010,00         | -         | -     | -     | 0,000         |
| <u>Formlabs Form 2 Basic Package</u>              | Formlabs          | 1       | 3164,00         | 0,036     | 30    | 1,084 | 1,084         |
| <u>uPrint SE PLUS</u>                             | Comher            | 1       | 17158,89        | 0,196     | 18    | 3,526 | 4,609         |
| <u>Roland MDX-50</u>                              | Roland            | 1       | 9028,24         | 0,103     | 16    | 1,649 | 6,258         |
| <u>Torn de sobretaula</u>                         | wabeco-           | 1       | 2799,00         | 0,018     | 6     | 0,107 | 6,365         |

|       |           |  |  |  |  |  |  |
|-------|-----------|--|--|--|--|--|--|
| D4000 | remscheid |  |  |  |  |  |  |
|-------|-----------|--|--|--|--|--|--|

### III. Cost d'enginyeria

Es comptabilitzen tots els costos referents a tot el procés. Es pot trobar tot aquest procés més detallat en el diagrama de Gantt a l'annex A2. Aquests costos repercuteixen en la fase de cada disseny, construcció de prototip, muntatge del prototip i la redacció del document.

El projecte ha suposat un total de 680 hores aproximadament. Dels quatre mesos dedicats al projecte, tres d'ells han estat dedicats a l'enginyer i el darrer mes a un operari, que s'encarrega de la redacció i el muntatge. Per tant, a un preu de 60 € l'hora per l'enginyer i 20 € l'hora per l'operari, resulta en cost d'enginyeria total de 29.600 €.

Aquest preu prové de la realització del primer conjunt. Un cop es realitza una producció en sèrie no s'aplicaria aquest pressupost ja que hi hauria una continua producció industrial.

### IV. Cost total

| Concepte                      | Cost (€) |
|-------------------------------|----------|
| Materials i components        | 383,90   |
| Ús de maquinària i programari | 6,36     |
| Enginyeria                    | 29600,00 |
| Cost total                    | 29990,26 |

Per tant, el cost final del projecte ha estat de 29.990,26 €. **VINT-I-NOU MIL NOU-CENTS NORANTA EUROS I VINT-I-SIS CÈNTIMS.**

## Bibliografia

1. Timing Pulleys T5 Type by MISUMI | MISUMI online shop - Select, configure, order. A: [en línia]. Disponible a: <https://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/110300406820/>.
2. Engranajes: Tornillo sinfín-rueda helicoidal. A: [en línia]. Disponible a: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/emaquinas/files/sinfin.pdf>.
3. CONTI SYNCHROBELT® HTD Synchronous Drive Belts. A: [en línia]. p. 5. Disponible a: <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/03c5/0900766b803c5d9d.pdf>.
4. Estrada, E. *The structure of complex networks : theory and applications* [en línia]. Oxford University Press, 2012. ISBN 9780199591756. Disponible a: [https://books.google.es/books?id=7z3yku1zl-oC&pg=PA345&lpg=PA345&dq=voronoi+havers&source=bl&ots=skMUGsnjMT&sig=lnYSpH\\_uvqA5GQcKOyNLzu\\_PGKw&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwigvMvW4f7aAhXC1SwKHVd7A1EQ6AEIQDAG#v=onepage&q=voronoi+havers&f=false](https://books.google.es/books?id=7z3yku1zl-oC&pg=PA345&lpg=PA345&dq=voronoi+havers&source=bl&ots=skMUGsnjMT&sig=lnYSpH_uvqA5GQcKOyNLzu_PGKw&hl=ca&sa=X&ved=0ahUKEwigvMvW4f7aAhXC1SwKHVd7A1EQ6AEIQDAG#v=onepage&q=voronoi+havers&f=false).
5. DEVELOP3D 2018 LIVE: Jesse Blankenship, Frustum - YouTube. A: [en línia]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=2LWwcO8U8HA>.
6. Pioneer 2™ Operations Manual. A: [en línia]. Disponible a: [http://www8.cs.umu.se/research/ifor/dl/Product info/ActiveMedia/Pioneer2 manual.pdf](http://www8.cs.umu.se/research/ifor/dl/Product%20info/ActiveMedia/Pioneer2%20manual.pdf).
7. Larios, I.P. Sistema de comunicaciones de la plataforma móvil Pioneer 2-AT8. A: [en línia]. 2004, Disponible a: [http://tierra.aslab.upm.es/documents/docmandocs/PFC\\_IPareja.pdf](http://tierra.aslab.upm.es/documents/docmandocs/PFC_IPareja.pdf).
8. How to Test Soil With Arduino and an FC-28 Moisture Sensor | Arduino | Maker Pro. A: [en línia]. Disponible a: <https://maker.pro/arduino/projects/arduino-soil-moisture-sensor>.
9. PORCENTAJE DE HUMEDAD.docx. A: [en línia]. Disponible a: <https://es.scribd.com/document/345428796/PORCENTAJE-DE-HUMEDAD-docx>.
10. QUICK TIP: Voronoi Sketch Generator - YouTube. A: [en línia]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=9YEE81MeCU>.
11. MobileRobots Research Mobile Robot Platforms Compare Technical Specifications. A: [en línia]. Disponible a: <http://www.mobilerobots.com/ResearchRobots/ResearchMatrix.aspx>.
12. Sonda 5TM. A: [en línia]. Disponible a: <https://www.lab-ferrer.com/sensores/instrumentacion-y-sensores/humedad-del-suelo/sonda-5tm.html>.
13. Ten Fold: The Levers - YouTube. A: [en línia]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=RQi6gXZHAc>.

## Annex A

Estructurarem l'annex en diferents apartats:

- A1: Plec de condicions
- A2: Diagrama de Gantt
- A3: Documentació tècnica de materials i components
- A4: Normativa aplicable
- A5: Plànols

### A1. Plec de condicions

#### 1. Introducció

##### i) Objecte i abast del plec

El plec de condicions que es presenta té com a objectiu definir les condicions amb les que s'ha hagut d'establir per l'elaboració d'aquest treball.

##### ii) Comptabilitat de documents

Són documents informatius del projecte els següents:

- Memòria i annexos
- Pressupost

Els documents de caràcter contractual són:

- Plànols
- Plec de condicions

Els documents de major importància són *Memòria* i *Plànols*, en aquest ordre.

#### 2. Condicions dels materials i components

##### i) Elements mecanitzats

Tots els elements que estiguin mecanitzats han de respectar les dimensions mínimes com s'estipula en els plànols. En el cas concret de la unió entre eixos i orificis dels braços és necessari tenir una tolerància d'ajustament suficient per subjectar-se i no lliscar.

## ii) Formes i condicions de les peces

S'ha de mantenir el material designat al document i plànols per a cada peça. No obstant, en el cas que es pugui mecanitzar en PTFE la peça que suporta la cremallera en una fresadora de 5 eixos, seria el mètode a procedir.

## 3. Condicions de muntatge

L'acoblament entres peces i la seva unió al robot s'ha de dur a terme per un operari qualificat, doncs hi ha peces com els rodaments, que poden sofrir deformacions i per tant resultarien en un mal funcionament.

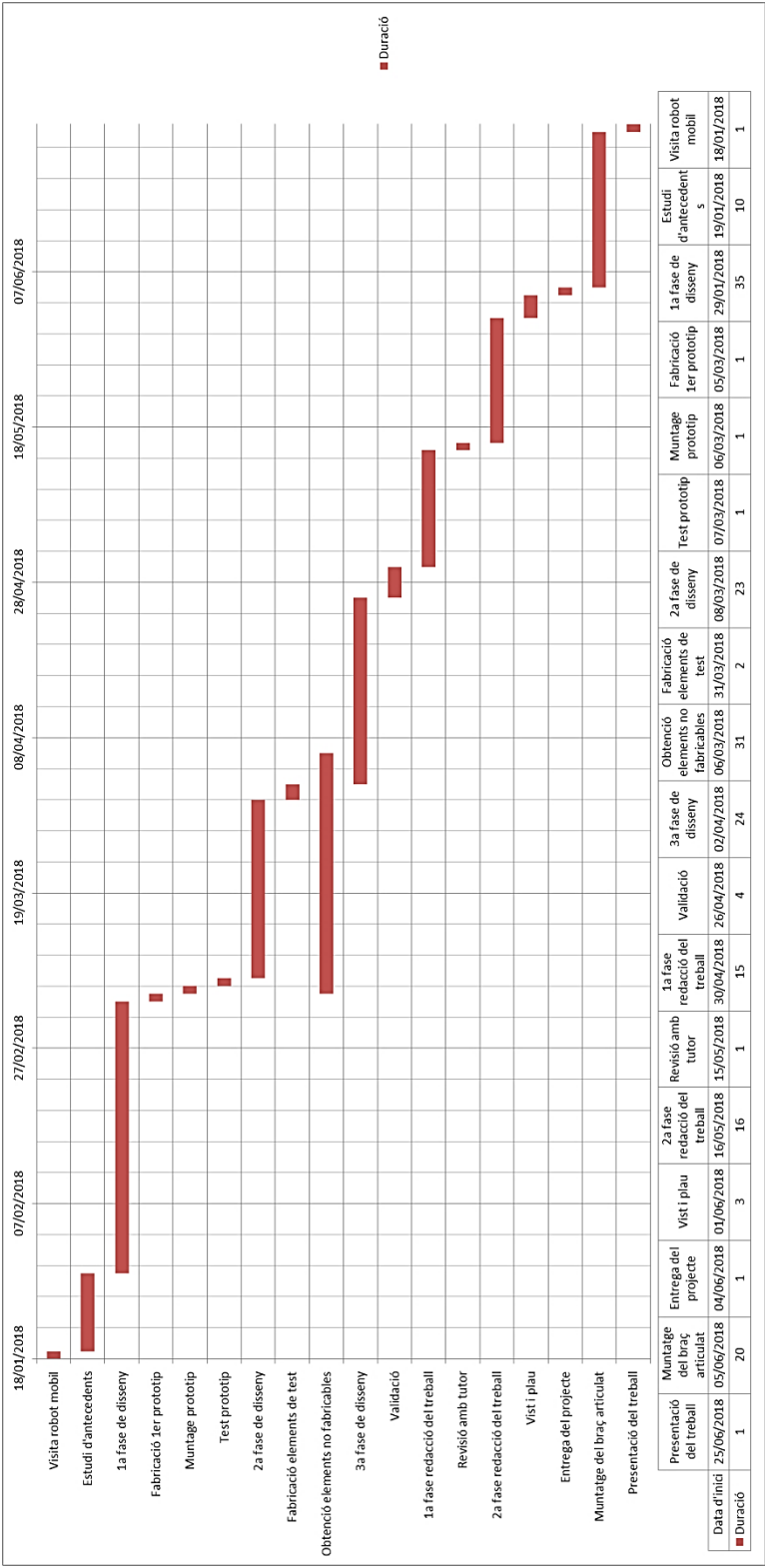
Pel muntatge de l'estructura, seguirem un ordre de final (sonda) a principi (robot), es recomana seguir les següents directrius:

- I. Unir el sub-assemblatge 1: sonda, unió sonda, cremallera i fixació cremallera amb 4 cargols i rosques M3
- II. Unir el sub-assemblatge 2: motor, roda vis sens fi, carcassa motor i la tapa, 4 acoblaments i 2 cargols i rosques M3 per la tapa i 2 cargols M3 entre carcassa i motor.
- III. Introduir 3 rodaments a 3 eixos, és a dir, un per cada, i els disposarem paral·lelament. Anomenem els eixos numèricament segons el principi i final del conjunt: Eix primari, eix secundari, eix terciari.
- IV. Introduir segon i tercer eix, per la part dels rodaments, a un braç primari.
- V. Introduir un braç secundari, que conté el sub-assemblatge 1, a l'eix terciari.
- VI. Introduir la politja gran i la corretja a l'eix terciari.
- VII. Introduir el segon braç secundari, que conté el sub-assemblatge 2, a l'eix terciari.
- VIII. Introduir el quart eix entre les dos peces del braç secundari. El quart eix no conté rodaments.
- IX. Introduir el tensador a l'eix secundari i una guia lineal a l'eix primari.
- X. Introduir la politja petita a l'eix primari i després l'altra guia lineal
- XI. Unir els 3 rodaments restants a cada eix i seguidament l'altre braç primari
- XII. Unir la tapa del rodament a de l'eix primari amb 4 cargols i rosques M3
- XIII. Unir l'engranatge gran a l'eix primari amb 4 cargols i rosques M3
- XIV. Unir les dos xapes elevadores amb les guies lineals amb 2 cargols i rosques M4 per cada guia. Seguidament s'uneixen les xapes elevadors amb la base amb 4 cargols i rosques M4 per cada xapa.
- XV. Unió del motor gran a la xapa de suport del motor amb 4 cargols M3 i seguidament s'uneix la xapa de suport a la base amb dos cargols i rosques M4

- XVI. Unió de l'engrenatge petit a l'eix del motor i encarar els dos engranatges.
- XVII. Finalment, unió de la base amb el robot mòbil amb 4 separadors mascle-femella M3 i roscats amb 4 cargols M3.

És totalment recomanable i quasi obligatori seguir els passos anteriors amb l'ajuda d'una visualització del CAD o del plànol del conjunt desglossat. La part més delicada es troba en la unió dels rodaments als eixos i seguidament al braç primari.

A2. Diagrama de Gantt





### **A3. Documentació tècnica de materials i components**

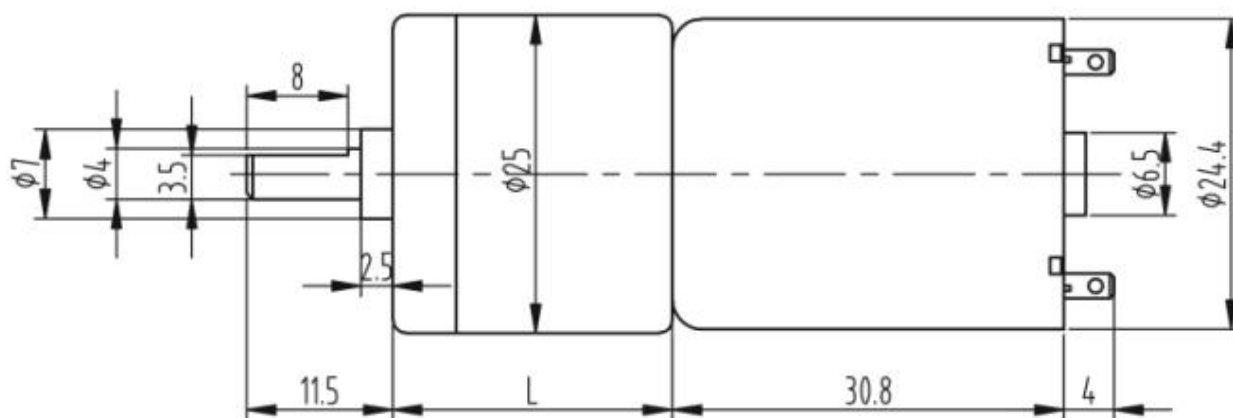


Fig. 1. Lateral view of the JGA25-370 motor (L is specified for each RPM value)

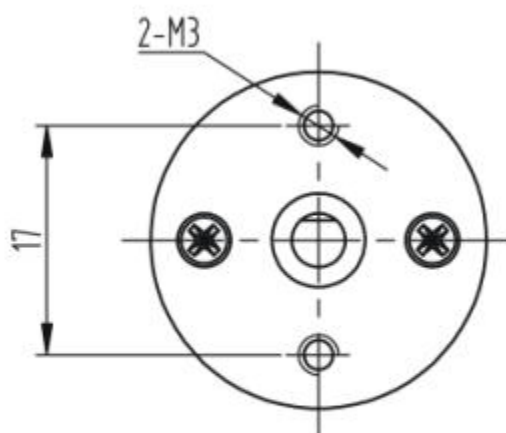


Fig. 2. Front view of the JGA25-370 motor

This safety data sheet complies with the requirements of:  
Regulation (EC) No. 1907/2006 and Regulation (EC) No. 1272/2008

Issuing Date 03-Feb-2017

Revision Date 27-Jan-2017

Revision B

## Section 1: IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING

### 1.1. Product identifier

**Product Code(s)** SDS-000005 BE E RED

**Denmark PR No** N/A

**Product Name** ABS Red

**PN (Part Number)** 311-20400 333-60303 340-21204 345-10008 345-42008 350-80103 355-02114 CQ706A

**Pure substance/mixture** Mixture

### 1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

**Recommended Use** 3D Printing

**Uses advised against** No information available

### 1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

#### Importer

Stratasys EMEA Regional Office  
Airport Boulevard B 120  
77836 Rheinmünster, Germany  
Phone: +49-7229-7772-0

For further information, please contact

**E-mail address** info@Stratasys.com

### 1.4. Emergency telephone number

**Emergency Telephone**

- +49 722 97772280 - Europe - Multi lingual response
- +49 722 97772281 - Global – English Language response
- +1 978 495 5580 - USA – Multi-lingual response
- +85 2 975 70887 - Asia Pacific - Multi lingual response
- +61 2 8011 4763 - Australia - Multi lingual response
- +86 15626070595 - China - Chinese response

## Section 2: HAZARDS IDENTIFICATION

### 2.1. Classification of the substance or mixture

Regulation (EC) No 1272/2008

|                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| <b>Acute toxicity - Oral</b> | Category 4 - (H302) |
|------------------------------|---------------------|

### 2.2. Label elements

Contains 2-Propenenitrile

**Signal word**

Warning

**Hazard statements**

H302 - Harmful if swallowed

**2.3. Other hazards**

If small particles are generated during further processing, handling, or by other means, combustible dust concentrations in air may form See section 7 for more information See section 8 for more information

## Section 3: COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

**3.1 Substances**

| Chemical name                                    | EC No     | CAS No     | Weight-% | Classification according to Regulation (EC) No. 1272/2008 [CLP]  | REACH Registration Number |
|--|-----------|------------|----------|--|---------------------------|
| Titanium Dioxide (Bound)                         | 236-675-5 | 13463-67-7 | 0.1 - 1  | No data available  | No data available         |
| Benzene, ethenyl                                 | 202-851-5 | 100-42-5   | < 0.05   | Acute Tox. 4 (H332)<br>Skin Irrit. 2 (H315)<br>Eye Irrit. 2 (H319)<br>Repr. 2 (H361d)<br>STOT RE 1 (H372)<br>Flam. Liq. 3 (H226) | 05-2116364815-37-0000     |
| Aluminum oxide (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 215-691-6 | 1344-28-1  | < 0.05   | No data available  | No data available         |
| Hexachlorobenzene                                | 204-273-9 | 118-74-1   | NF       | Carc. 1B (H350)<br>STOT RE 1 (H372)<br>Aquatic Acute 1 (H400)<br>Aquatic Chronic 1 (H410)  | No data available         |

**Full text of H- and EUH-phrases: see section 16**

## Section 4: FIRST AID MEASURES

**4.1. Description of first aid measures**

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>General advice</b> | Show this safety data sheet to the doctor in attendance.  |
| <b>Inhalation</b>     | Remove to fresh air.  |
| <b>Eye contact</b>    | Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes, lifting lower and upper eyelids. Consult a doctor. |
| <b>Skin contact</b>   | Wash skin with soap and water when in contact with molten residues.   |
| <b>Ingestion</b>      | Drink plenty of water. Do not induce vomiting without medical advice. Call a doctor immediately.                  |

**4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed**

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| <b>Symptoms</b> | None known. |
|-----------------|-------------|

**4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed**

**Note to doctors** Treat symptomatically.

**Section 5: FIRE-FIGHTING MEASURES****5.1. Extinguishing media**

**Suitable Extinguishing Media** Foam  
Water  
Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)  
Dry chemical  
Alcohol resistant foam

**Unsuitable extinguishing media** None known.

**5.2. Special hazards arising from the substance or mixture**

**Specific hazards arising from the chemical** None known.

**5.3. Advice for firefighters**

**Special protective equipment for fire-fighters** Firefighters should wear self-contained breathing apparatus and full firefighting turnout gear. Use personal protection equipment.

**Section 6: ACCIDENTAL RELEASE MEASURES****6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures**

**Personal precautions** Use personal protective equipment as required. Avoid contact with skin and eyes. Remove all sources of ignition. Sweep up to prevent slipping hazard.

**For emergency responders** Use personal protection recommended in Section 8.

**6.2. Environmental precautions**

**Environmental precautions** Do not flush into surface water or sanitary sewer system. Keep out of waterways.

**6.3. Methods and material for containment and cleaning up**

**Methods for containment** Prevent further leakage or spillage if safe to do so.

**Methods for cleaning up** Take up mechanically, placing in appropriate containers for disposal.

**Prevention of secondary hazards** Prevent dust cloud. Avoid dust accumulation in enclosed space. May form combustible dust concentrations in air if small particles are generated during further processing, handling or by other means. Remove all sources of ignition.

**6.4. Reference to other sections**

**Reference to other sections** See section 8 for more information. See section 13 for more information.

**Section 7: HANDLING AND STORAGE****7.1. Precautions for safe handling**

**Advice on safe handling** Use personal protection equipment. Avoid contact with skin and eyes, when handling melted filament. If small particles are generated during further processing, handling, or by other means, combustible dust concentrations in air may form. Use respirator.

**General hygiene considerations** Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.

## 7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

**Storage Conditions** Keep containers tightly closed in a dry, cool and well-ventilated place. Keep out of the reach of children.

## 7.3. Specific end use(s)

**Risk Management Methods (RMM)** The information required is contained in this Material Safety Data Sheet.

# Section 8: EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

## 8.1. Control parameters

### Exposure Limits

| Chemical name   | European Union  | United Kingdom  | France   | Spain  | Germany   |
|---|---|---|--|--|---|
| Titanium Dioxide (Bound)<br>13463-67-7                        | -   | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup><br>TWA: 4 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 30 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 12 mg/m <sup>3</sup> | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup>  | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup>  | -   |
| Benzene, ethenyl<br>100-42-5                                  | -   | TWA: 100 ppm<br>TWA: 430 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 250 ppm<br>STEL: 1080 mg/m <sup>3</sup>                       | TWA: 50 ppm<br>TWA: 215 mg/m <sup>3</sup><br>TWA: 1000 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 1500 mg/m <sup>3</sup> | TWA: 20 ppm<br>TWA: 86 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 40 ppm<br>STEL: 172 mg/m <sup>3</sup>  | TWA: 20 ppm<br>TWA: 86 mg/m <sup>3</sup>  |
| Aluminum oxide (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )<br>1344-28-1 | -   | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup><br>TWA: 4 mg/m <sup>3</sup>   | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup>  | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup>  | -   |
| Hexachlorobenzene<br>118-74-1                                 | -   | -   | -  | TWA: 0.002 mg/m <sup>3</sup><br>via dérmica*   | -   |
| Chemical name   | Italy   | Portugal  | Netherlands  | Finland  | Denmark   |
| Titanium Dioxide (Bound)<br>13463-67-7                        | -   | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup>   | -  | -  | TWA: 6 mg/m <sup>3</sup>  |
| Benzene, ethenyl<br>100-42-5                                  | -   | TWA: 20 ppm<br>STEL: 40 ppm   | -  | TWA: 20 ppm<br>TWA: 86 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 100 ppm<br>STEL: 430 mg/m <sup>3</sup> | Ceiling: 25 ppm<br>Ceiling: 105 mg/m <sup>3</sup><br>H*   |
| Aluminum oxide (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )<br>1344-28-1 | -   | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup>   | -  | -  | TWA: 5 mg/m <sup>3</sup><br>TWA: 2 mg/m <sup>3</sup>  |
| Hexachlorobenzene<br>118-74-1                                 | -   | TWA: 0.002 mg/m <sup>3</sup><br>P*  | TWA: 0.03 mg/m <sup>3</sup>  | TWA: 0.002 mg/m <sup>3</sup><br>iho*   | TWA: 0.025 mg/m <sup>3</sup><br>H*  |
| Chemical name   | Austria   | Switzerland   | Poland   | Norway   | Ireland   |
| Titanium Dioxide (Bound)<br>13463-67-7                        | TWA: 5 mg/m <sup>3</sup><br>STEL 10 mg/m <sup>3</sup>                                 | TWA: 3 mg/m <sup>3</sup>  | STEL: 30 mg/m <sup>3</sup><br>TWA: 10.0 mg/m <sup>3</sup><br>TWA: 10 mg/m <sup>3</sup>                   | TWA: 5 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 5 mg/m <sup>3</sup>                                    | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup><br>TWA: 4 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 30 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 12 mg/m <sup>3</sup> |
| Benzene, ethenyl<br>100-42-5                                  | TWA: 20 ppm<br>TWA: 85 mg/m <sup>3</sup><br>STEL 80 ppm<br>STEL 340 mg/m <sup>3</sup> | TWA: 20 ppm<br>TWA: 85 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 40 ppm<br>STEL: 170 mg/m <sup>3</sup>                           | STEL: 100 mg/m <sup>3</sup><br>TWA: 50 mg/m <sup>3</sup>   | TWA: 25 ppm<br>TWA: 105 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 25 ppm<br>STEL: 105 mg/m <sup>3</sup> | TWA: 20 ppm<br>TWA: 85 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 40 ppm<br>STEL: 170 mg/m <sup>3</sup>                           |
| Aluminum oxide (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )<br>1344-28-1 | TWA: 5 mg/m <sup>3</sup><br>STEL 10 mg/m <sup>3</sup>                                 | TWA: 3 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 24 mg/m <sup>3</sup>  | TWA: 2.5 mg/m <sup>3</sup><br>TWA: 1.2 mg/m <sup>3</sup>   | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 10 mg/m <sup>3</sup>                                  | TWA: 10 mg/m <sup>3</sup><br>TWA: 4 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 30 mg/m <sup>3</sup><br>STEL: 12 mg/m <sup>3</sup> |
| Hexachlorobenzene   | -   | -   | TWA: 0.5 mg/m <sup>3</sup>   | -  | -   |

|          |  |  |  |  |  |
|----------|--|--|--|--|--|
| 118-74-1 |  |  |  |  |  |
|----------|--|--|--|--|--|

**Biological occupational exposure limits**

| Chemical name                 | European Union | United Kingdom | France      | Spain      | Germany  |
|-------------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|----------|
| Benzene, ethenyl<br>100-42-5  | -              | -              | -           | 400<br>0.2 | 600 mg/g |
| Hexachlorobenzene<br>118-74-1 | -              | -              | -           |            | 150 µg/L |
| Chemical name                 | Italy          | Portugal       | Netherlands | Finland    | Denmark  |
| Benzene, ethenyl<br>100-42-5  | -              | -              | -           | 1.2        |          |
| Chemical name                 | Austria        | Switzerland    | Poland      | Norway     | Ireland  |
| Benzene, ethenyl<br>100-42-5  | -              | 400<br>500     | -           | -          | -        |
| Hexachlorobenzene<br>118-74-1 | -              | 150            | -           | -          | -        |

**Derived No Effect Level (DNEL)** No information available.

**Predicted No Effect Concentration (PNEC)** No information available.

**8.2. Exposure controls**

**Engineering controls** If dust is generated during further processing provide exhaust ventilation.

**Personal protective equipment**

**Eye/face protection** Goggles. Safety glasses with side-shields.

**Skin and body protection** Impervious clothing.

**Respiratory protection** Minimise dust generation and accumulation. Wear respiratory protection.

**General hygiene considerations** Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.

**Environmental exposure controls** No information available.

## Section 9: PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

**9.1. Information on basic physical and chemical properties**

|                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| <b>Physical state</b>  | Solid                    |
| <b>Appearance</b>      | Monofilament             |
| <b>Odour</b>           | No data available.       |
| <b>Colour</b>          | Characteristic           |
| <b>Odour threshold</b> | No information available |

| <u>Property</u>                | <u>Values</u>     | <u>Remarks • Method</u> |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------|
| pH                             | No data available | None known              |
| Melting point / freezing point | No data available | None known              |
| Boiling point / boiling range  | No data available | None known              |
| Flash point                    | No data available | None known              |
| Evaporation rate               | No data available | None known              |
| Flammability (solid, gas)      | No data available | None known              |
| Flammability Limit in Air      |                   | None known              |
| Upper flammability limit:      | No data available |                         |
| Lower flammability limit       | No data available |                         |

|                           |                          |            |
|---------------------------|--------------------------|------------|
| Vapour pressure           | No data available        | None known |
| Vapour density            | No data available        | None known |
| Relative density          | No data available        | None known |
| Water solubility          | Insoluble in water       |            |
| Solubility(ies)           | No data available        | None known |
| Partition coefficient     | No data available        | None known |
| Autoignition temperature  | No data available        | None known |
| Decomposition temperature | 380                      |            |
| Kinematic viscosity       | No data available        | None known |
| Dynamic viscosity         | No data available        | None known |
| Explosive properties      | No information available |            |
| Oxidising properties      | No information available |            |

**9.2. Other information**

|                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| Softening point            | No information available |
| Molecular weight           | No information available |
| VOC Content (%)            | No information available |
| Liquid Density             | No information available |
| Bulk density               | No information available |
| Particle Size              | No information available |
| Particle Size Distribution | No information available |

## Section 10: STABILITY AND REACTIVITY

**10.1. Reactivity**

**Reactivity** None under normal use conditions.

**10.2. Chemical stability**

**Stability** Stable under normal conditions.

**Explosion data**

**Sensitivity to Mechanical Impact** None.

**Sensitivity to Static Discharge** None.

**10.3. Possibility of hazardous reactions**

**Possibility of hazardous reactions** None under normal processing.

**10.4. Conditions to avoid**

**Conditions to avoid** Excessive heat. To avoid thermal decomposition, do not overheat.

**10.5. Incompatible materials**

**Incompatible materials** Oxidising agent. Strong bases.

**10.6. Hazardous decomposition products**

**Hazardous decomposition products** Burning produces obnoxious and toxic fumes. Carbon monoxide. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). Aldehydes.

## Section 11: TOXICOLOGICAL INFORMATION

**11.1. Information on toxicological effects****Information on likely routes of exposure****Product Information**



|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Inhalation</b>   | Specific test data for the substance or mixture is not available.  |
| <b>Eye contact</b>  | Specific test data for the substance or mixture is not available.  |
| <b>Skin contact</b> | Specific test data for the substance or mixture is not available.  |
| <b>Ingestion</b>    | Specific test data for the substance or mixture is not available. Harmful if swallowed. (based on components). |

**Information on toxicological effects**

**Symptoms** None known.

**Numerical measures of toxicity****Acute toxicity**

The following values are calculated based on chapter 3.1 of the GHS document

ATEmix (oral) 1,895.00 mg/kg

**Component Information**

| Chemical name                                    | Oral LD50             | Dermal LD50 | Inhalation LC50         |
|--|-----------------------|-------------|-------------------------|
| Titanium Dioxide (Bound)                         | > 10000 mg/kg ( Rat ) |             |                         |
| Benzene, ethenyl                                 | = 1000 mg/kg ( Rat )  |             | = 11.7 mg/L ( Rat ) 4 h |
| Aluminum oxide (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | > 5000 mg/kg ( Rat )  |             |                         |
| Hexachlorobenzene                                | = 3500 mg/kg ( Rat )  |             |                         |

**Delayed and immediate effects as well as chronic effects from short and long-term exposure**

|  |                           |
|--|---------------------------|
| <b>Skin corrosion/irritation</b>         | No information available. |
| <b>Serious eye damage/eye irritation</b> | No information available. |
| <b>Respiratory or skin sensitisation</b> | No information available. |
| <b>Germ cell mutagenicity</b>            | No information available. |
| <b>Carcinogenicity</b>                   | No information available. |

The table below indicates whether each agency has listed any ingredient as a carcinogen.

| Chemical name     | European Union |
|-------------------|----------------|
| Hexachlorobenzene | Carc. 1B       |

**Reproductive toxicity** No information available.

| Chemical name    | European Union |
|------------------|----------------|
| Benzene, ethenyl | Repr. 2        |

**STOT - single exposure** No information available.

**STOT - repeated exposure** No information available.

**Aspiration hazard** No information available.

## Section 12: ECOLOGICAL INFORMATION

**12.1. Toxicity**

**Ecotoxicity**

**Unknown aquatic toxicity**

Contains 99.9898 % of components with unknown hazards to the aquatic environment.

| Chemical name     | Algae/aquatic plants  | Fish   | Toxicity to microorganisms | Crustacea                               |
|-------------------|---|--|----------------------------|---|
| Benzene, ethenyl  | 1.4: 72 h<br>Pseudokirchneriella subcapitata mg/L EC50<br>0.72: 96 h<br>Pseudokirchneriella subcapitata mg/L EC50<br>0.46 - 4.3: 72 h<br>Pseudokirchneriella subcapitata mg/L EC50 static<br>0.15 - 3.2: 96 h<br>Pseudokirchneriella subcapitata mg/L EC50 static | 3.24 - 4.99: 96 h<br>Pimephales promelas mg/L LC50 flow-through<br>19.03 - 33.53: 96 h<br>Lepomis macrochirus mg/L LC50 static 6.75 - 14.5: 96 h<br>Pimephales promelas mg/L LC50 static 58.75 - 95.32: 96 h<br>Poecilia reticulata mg/L LC50 static | -                          | 3.3 - 7.4: 48 h Daphnia magna mg/L EC50 |
| Hexachlorobenzene | 0.01: 96 h Desmodesmus subspicatus mg/L EC50<br>0.03: 96 h<br>Pseudokirchneriella subcapitata mg/L EC50 static  | 1: 96 h Lepomis macrochirus mg/L LC50 flow-through 7.6: 96 h<br>Lepomis macrochirus mg/L LC50 static 10: 96 h<br>Pimephales promelas mg/L LC50 static 5: 48 h<br>Oryzias latipes mg/L LC50   | -                          | 0.03: 24 h Daphnia magna mg/L EC50      |

**12.2. Persistence and degradability****Persistence and degradability** No information available.**12.3. Bioaccumulative potential****Bioaccumulation** Not likely to bioaccumulate.**Component Information**

| Chemical name     | Partition coefficient |
|-------------------|-----------------------|
| Benzene, ethenyl  | 2.95                  |
| Hexachlorobenzene | 5.00 - 6.92           |

**12.4. Mobility in soil****Mobility in soil** No information available.**12.5. Results of PBT and vPvB assessment****PBT and vPvB assessment** No information available.**12.6. Other adverse effects****Other adverse effects** No information available.

| Chemical name     | EU - Endocrine Disruptors Candidate List | EU - Endocrine Disruptors - Evaluated Substances |
|-------------------|--|--|
| Benzene, ethenyl  | Group I Chemical                         | High Exposure Concern                            |
| Hexachlorobenzene | Group I Chemical                         | High Exposure Concern                            |

**Section 13: DISPOSAL CONSIDERATIONS**

**13.1. Waste treatment methods**

|  |   |
|--|---|
| <b>Waste from residues/unused products</b> | Dispose of in accordance with local regulations. Dispose of waste in accordance with environmental legislation. |
| <b>Contaminated packaging</b>              | Do not reuse empty containers.  |

**Section 14: TRANSPORT INFORMATION****IMDG**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| <b>14.1 UN/ID no</b>   | Not regulated            |
| <b>14.2 Proper Shipping Name</b>   | Not regulated            |
| <b>14.3 Hazard Class</b>   | Not regulated            |
| <b>14.4 Packing group</b>  | Not regulated            |
| <b>14.5 Marine pollutant</b>   | Not applicable           |
| <b>14.6 Special Provisions</b>   | None                     |
| <b>14.7 Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and the IBC Code</b> | No information available |

**RID**

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| <b>14.1 UN/ID no</b>             | Not regulated  |
| <b>14.2 Proper Shipping Name</b> | Not regulated  |
| <b>14.3 Hazard Class</b>         | Not regulated  |
| <b>14.4 Packing group</b>        | Not regulated  |
| <b>14.5 Environmental Hazard</b> | Not applicable |
| <b>14.6 Special Provisions</b>   | None           |

**ADR**

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| <b>14.1 UN/ID no</b>             | Not regulated  |
| <b>14.2 Proper Shipping Name</b> | Not regulated  |
| <b>14.3 Hazard Class</b>         | Not regulated  |
| <b>14.4 Packing group</b>        | Not regulated  |
| <b>14.5 Environmental Hazard</b> | Not applicable |
| <b>14.6 Special Provisions</b>   | None           |

**IATA**

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| <b>14.1 UN/ID no</b>             | Not regulated  |
| <b>14.2 Proper Shipping Name</b> | Not regulated  |
| <b>14.3 Hazard Class</b>         | Not regulated  |
| <b>14.4 Packing group</b>        | Not regulated  |
| <b>14.5 Environmental Hazard</b> | Not applicable |
| <b>14.6 Special Provisions</b>   | None           |

**Section 15: REGULATORY INFORMATION****15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture****National regulations****France****Occupational Illnesses (R-463-3, France)**

| Chemical name                 | French RG number | Title |
|-------------------------------|------------------|-------|
| Benzene, ethenyl<br>100-42-5  | RG 66, RG 84     | -     |
| Hexachlorobenzene<br>118-74-1 | RG 9             | -     |

**European Union**

Take note of Directive 98/24/EC on the protection of the health and safety of workers from the risks related to chemical agents at work

**Authorisations and/or restrictions on use:**

This product contains one or more substance(s) subject to restriction (Regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH), Annex XVII)

| Chemical name                | Restricted substance per REACH Annex XVII | Substance subject to authorisation per REACH Annex XIV |
|------------------------------|---|--|
| Hexachlorobenzene - 118-74-1 | 28.                                       |  |

**Persistent Organic Pollutants**

This product contains substances which are regulated pursuant to Regulation (EC) 850/2004 of the European Parliament and of the Council on persistent organic pollutants

| Chemical name                | Persistent Organic Pollutants per (EC) 850/2004 - Annex Number |
|------------------------------|--|
| Hexachlorobenzene - 118-74-1 | ANNEX III ANNEX I  |

**Export Notification requirements**

This product contains substances which are regulated pursuant to Regulation (EC) No. 689/2008 of the European parliament and of the council concerning the export and import of dangerous chemicals

| Chemical name                | European Export/Import Restrictions per (EC) 689/2008 - Annex Number |
|------------------------------|--|
| Hexachlorobenzene - 118-74-1 | I.3<br>V   |

**Ozone-depleting substances (ODS) regulation (EC) 1005/2009** Not applicable

**15.2. Chemical safety assessment**

**Chemical Safety Report** No information available

## Section 16: OTHER INFORMATION

**Key or legend to abbreviations and acronyms used in the safety data sheet****Full text of H-Statements referred to under section 3**

H332 - Harmful if inhaled  
H315 - Causes skin irritation  
H319 - Causes serious eye irritation  
H361d - Suspected of damaging the unborn child  
H372 - Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure if inhaled  
H226 - Flammable liquid and vapour  
H350 - May cause cancer in contact with skin  
H400 - Very toxic to aquatic life  
H410 - Very toxic to aquatic life with long lasting effects

**Legend**

SVHC: Substances of Very High Concern for Authorisation:

**Legend Section 8: EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**

|         |                             |      |                                  |
|---------|-----------------------------|------|----------------------------------|
| TWA     | TWA (time-weighted average) | STEL | STEL (Short Term Exposure Limit) |
| Ceiling | Maximum limit value         | *    | Skin designation                 |

| Classification procedure  |                    |
|---|--------------------|
| Classification according to Regulation (EC) No. 1272/2008 [CLP] | Method Used        |
| Acute oral toxicity   | Calculation method |
| Acute dermal toxicity   | Calculation method |
| Acute inhalation toxicity - gas                                 | Calculation method |

|                                       |                    |
|---------------------------------------|--------------------|
| Acute inhalation toxicity - Vapor     | Calculation method |
| Acute inhalation toxicity - dust/mist | Calculation method |
| Skin corrosion/irritation             | Calculation method |
| Serious eye damage/eye irritation     | Calculation method |
| Respiratory sensitisation             | Calculation method |
| Skin sensitisation                    | Calculation method |
| Mutagenicity                          | Calculation method |
| Carcinogenicity                       | Calculation method |
| Reproductive toxicity                 | Calculation method |
| STOT - single exposure                | Calculation method |
| STOT - repeated exposure              | Calculation method |
| Acute aquatic toxicity                | Calculation method |
| Chronic aquatic toxicity              | Calculation method |
| Aspiration toxicity                   | Calculation method |
|                                       | Calculation method |

Revision Date 27-Jan-2017

This material safety data sheet complies with the requirements of Regulation (EC) No. 1907/2006

#### Disclaimer

The information provided in this Safety Data Sheet derives from a third party source. Whilst we believe that the information is correct as at the date of its publication, we do not make any representations or warranties regarding the accuracy or completeness of the information nor the quality or specification of any materials, substances or mixtures referred to herein (collectively, "Materials"). The information is being provided solely as a guideline for the safe handling, use, consumption, processing, storage, transportation, disposal and release of the Materials. The information may not be sufficient for such purposes and the user should not place any reliance on the information provided. The information may not be applicable to Materials that are combined with any materials or in any process other than as expressly stated herein. We shall not be liable for any kind of liability including, without limitation, damages, losses or expenses, arising out of or as a result of any reliance on the information contained in this Safety Data Sheet. This Safety Data Sheet remains our exclusive property and should not be reproduced, modified or distributed without our prior written consent.

End of Safety Data Sheet



# Material Plates\_POM Plates



Part Number **PAA4 FM-300-200-30**

20180531204505

|                        |                           |                       |                           |
|------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Material               | Polyacetal (POM, Duracon) | Grade                 | Standard                  |
| Color                  | White                     | Hole Processing       | No Drilling Alteration    |
| Finishing Method       | 4-Side Milled             | T Dimension Tolerance | -                         |
| AB Dimension Tolerance | M (0/-0.2)                | Material Name         | Polyacetal (POM, Duracon) |
| A(mm)                  | 300                       | B(mm)                 | 200                       |
| T(mm)                  | 30                        | -                     | -                         |

Dimension Tolerance of A and B

| T     | A·B      | A, B<br>Dimension<br>Tolerance |
|-------|----------|--------------------------------|
|       | Unit: mm |                                |
| 5~30  | ~99      | ±0.5                           |
|       | 100~250  | ±0.75                          |
|       | 251~     | ±1.0                           |
| 40~60 | ~300     | 0~+5                           |

T Dimension Tolerance,  
Rate of Camber and  
Torsion

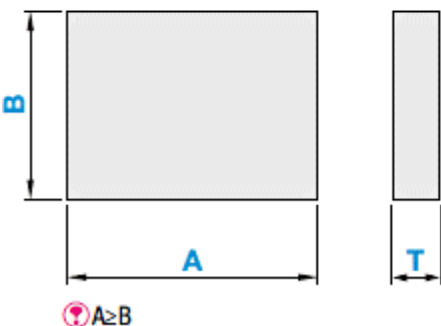
| T          | T Dimension<br>Tolerance | Rate of Camber and Torsion<br>per 1,000mm |
|------------|--------------------------|---|
| 5~10       | +0.2~1.5                 | 1.0% or Less                              |
| 12         | +0.3~2.0                 |   |
| 15~30      | +0.3~2.0                 | 0.5% or Less                              |
| 40, 50, 60 | +0.5~3.0                 |   |

| Finish  | 4 Sides         |                          | Upper-lower Surface |                          |
|---|-----------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|
|   | Drilling Method | Finish Symbol            | Drilling Method     | Finish Symbol            |
| Circular Sawing                                       | Circular Sawing | ✓                        | Material            | ~                        |
| Guaranteed Perpendicularity of Circular Saw Cuts (NT) | Circular Sawing | ✓                        | Material            | ~                        |
| 4-side Milling (4F)                                   | Milling         | $\frac{6.3}{\checkmark}$ | Material            | ~                        |
| 6-surface Milling (6F)                                | Milling         | $\frac{6.3}{\checkmark}$ | Milling             | $\frac{6.3}{\checkmark}$ |
| Upper-lower Surface Milling (2F)                      | Circular Sawing | ✓                        | Milling             | $\frac{6.3}{\checkmark}$ |

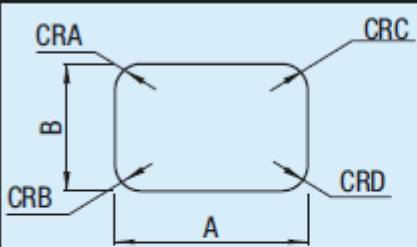

Precision Guarantee

| Finish  | Width Parallelism | Perpendicularity of Reference Plane |
|---|-------------------|-------------------------------------|
|   | per 100mm         |                                     |
| Guaranteed Perpendicularity of Circular Saw Cuts (NT) | 0.1               | 0.1                                 |
| 4-side Milling (4F)                                   |                   |                                     |
| 6-surface Milling (6F)                                |                   |                                     |

Reference plane stickers are attached to 4-side milled plates.





| Alterations | Corner Radius  | Corner Cut   |
|-------------|--|--|
|             |   |   |
| Code        | CRA, CRB, CRC, CRD   | CCA, CCB, CCC, CCD   |
| Spec.       | <p>Adds radius to any corner.<br/>R = 5mm Increment<br/>④ <math>10 \leq A(B) - R(2R)</math><br/>④ <math>5 \leq \text{CRA, CRB, CRC, CRD} \leq 100</math><br/><u>Ordering Code</u> (Ex.) Adds R10 at the corner of A and C. CRA10-CRC10</p> <p>⊗ Not applicable to 4-side milling or 6-surface milling.<br/>⊗ Not applicable to T40, 50 and 60.</p> | <p>Cuts any corners.<br/><math>5 \leq \text{Corner Cut} \leq 50</math><br/>5mm Increment<br/><u>Ordering Code</u> (Ex.) When the corners of A and D are cut by C5→ CCA5-CCD5</p> <p>⊗ Not applicable to 4-side milling or 6-surface milling.<br/>⊗ Not applicable to T40, 50 and 60.</p> |

# Datasheet

## RS Pro Stainless Steel Deep Groove (Popular Metric) Single Row Bearings



| Designation | RS Article Number | Description                         | End type | Race Type |          |          |             | Load          |              | Max. Speed rating |            | Mass<br>Kg |
|-------------|-------------------|-------------------------------------|----------|-----------|----------|----------|-------------|---------------|--------------|-------------------|------------|------------|
|             |                   |                                     |          |           | ID<br>mm | OD<br>mm | Width<br>mm | Dynamic<br>KN | Static<br>KN | Grease<br>rpm     | Oil<br>rpm |            |
| SS6000-2RS  | 8937240           | Stainless Steel Deep Groove 10mm ID | Sealed   | Plain     | 10       | 26       | 8           | 3.64          | 1.56         | 29000             | 34000      | 0.019      |
| SS6001-2RS  | 8937256           | Stainless Steel Deep Groove 12mm ID | Sealed   | Plain     | 12       | 28       | 8           | 4.08          | 1.912        | 26000             | 30000      | 0.023      |
| SS6002-2RS  | 8937269           | Stainless Steel Deep Groove 15mm ID | Sealed   | Plain     | 15       | 32       | 9           | 4.48          | 2.272        | 22000             | 26000      | 0.032      |
| SS6003-2RS  | 8937262           | Stainless Steel Deep Groove 17mm ID | Sealed   | Plain     | 17       | 35       | 10          | 5.44          | 2.68         | 20000             | 24000      | 0.039      |
| SS6004-2RS  | 8937275           | Stainless Steel Deep Groove 20mm ID | Sealed   | Plain     | 20       | 42       | 12          | 7.52          | 4.04         | 18000             | 21000      | 0.07       |
| SS6005-2RS  | 8937272           | Stainless Steel Deep Groove 25mm ID | Sealed   | Plain     | 25       | 47       | 12          | 8.08          | 4.68         | 15000             | 18000      | 0.079      |
| SS6006-2RS  | 8937284           | Stainless Steel Deep Groove 30mm ID | Sealed   | Plain     | 30       | 55       | 13          | 10.56         | 6.64         | 13000             | 15000      | 0.117      |
| SS6007-2RS  | 8937297           | Stainless Steel Deep Groove 35mm ID | Sealed   | Plain     | 35       | 62       | 14          | 12.8          | 8.24         | 12000             | 14000      | 0.156      |
| SS6008-2RS  | 8937294           | Stainless Steel Deep Groove 40mm ID | Sealed   | Plain     | 40       | 68       | 15          | 13.44         | 9.2          | 10000             | 12000      | 0.194      |
| SS604-2RS   | 8937307           | Stainless Steel Deep Groove 4mm ID  | Sealed   | Plain     | 4        | 12       | 4           | 936           | 348.8        | 38000             | 40500      | 0.003      |
| SS605-2RS   | 8937310           | Stainless Steel Deep Groove 5mm ID  | Sealed   | Plain     | 5        | 14       | 5           | 957.6         | 363.2        | 38000             | 40500      | 0.004      |
| SS606-2RS   | 8937313           | Stainless Steel Deep Groove 6mm ID  | Sealed   | Plain     | 6        | 17       | 6           | 1627.2        | 604.8        | 34000             | 37800      | 0.006      |
| SS607-2RS   | 8937326           | Stainless Steel Deep Groove 7mm ID  | Sealed   | Plain     | 7        | 19       | 6           | 1886.4        | 763.2        | 33000             | 36000      | 0.008      |
| SS608-2RS   | 8937323           | Stainless Steel Deep Groove 8mm ID  | Sealed   | Plain     | 8        | 22       | 7           | 2376          | 979.2        | 30200             | 34200      | 0.012      |
| SS6200-2RS  | 8937335           | Stainless Steel Deep Groove 10mm ID | Sealed   | Plain     | 10       | 30       | 9           | 4.08          | 1.912        | 25000             | 30000      | 0.032      |
| SS6201-2RS  | 8937348           | Stainless Steel Deep Groove 12mm ID | Sealed   | Plain     | 12       | 32       | 10          | 4.88          | 2.2          | 22000             | 26000      | 0.037      |
| SS6202-2RS  | 8937345           | Stainless Steel Deep Groove 15mm ID | Sealed   | Plain     | 15       | 35       | 11          | 6.2           | 2.88         | 19000             | 23000      | 0.045      |
| SS6203-2RS  | 8937357           | Stainless Steel Deep Groove 17mm ID | Sealed   | Plain     | 17       | 40       | 12          | 7.68          | 3.68         | 18000             | 21000      | 0.065      |
| SS6204-2RS  | 8937360           | Stainless Steel Deep Groove 20mm ID | Sealed   | Plain     | 20       | 47       | 14          | 10.24         | 5.32         | 16000             | 18000      | 0.106      |
| SS6205-2RS  | 8937367           | Stainless Steel Deep Groove 25mm ID | Sealed   | Plain     | 25       | 52       | 15          | 11.2          | 6.28         | 13000             | 15000      | 0.128      |
| SS6206-2RS  | 8937379           | Stainless Steel Deep Groove 30mm ID | Sealed   | Plain     | 30       | 62       | 16          | 15.6          | 9.04         | 11000             | 13000      | 0.199      |
| SS6207-2RS  | 8937382           | Stainless Steel Deep Groove 35mm ID | Sealed   | Plain     | 35       | 72       | 17          | 20.56         | 12.24        | 9800              | 11000      | 0.288      |
| SS6208-2RS  | 8937389           | Stainless Steel Deep Groove 40mm ID | Sealed   | Plain     | 40       | 80       | 18          | 23.28         | 14.24        | 8700              | 10000      | 0.366      |
| SS6300-2RS  | 8937391           | Stainless Steel Deep Groove 10mm ID | Sealed   | Plain     | 10       | 35       | 11          | 6.56          | 2.8          | 23000             | 27000      | 0.053      |
| SS6301-2RS  | 8937405           | Stainless Steel Deep Groove 12mm ID | Sealed   | Plain     | 12       | 37       | 12          | 7.76          | 3.36         | 20000             | 24000      | 0.06       |
| SS6302-2RS  | 8937402           | Stainless Steel Deep Groove 15mm ID | Sealed   | Plain     | 15       | 42       | 13          | 9.12          | 4.36         | 17000             | 21000      | 0.082      |
| SS6303-2RS  | 8937411           | Stainless Steel Deep Groove 17mm ID | Sealed   | Plain     | 17       | 47       | 14          | 10.8          | 5.24         | 16000             | 19000      | 0.115      |
| SS6304-2RS  | 8937414           | Stainless Steel Deep Groove 20mm ID | Sealed   | Plain     | 20       | 52       | 15          | 12.72         | 6.32         | 14000             | 17000      | 0.144      |
| SS6305-2RS  | 8937418           | Stainless Steel Deep Groove 25mm ID | Sealed   | Plain     | 25       | 62       | 17          | 16.96         | 8.72         | 12000             | 14000      | 0.232      |
| SS6306-2RS  | 8937427           | Stainless Steel Deep Groove 30mm ID | Sealed   | Plain     | 30       | 72       | 19          | 21.36         | 12           | 10000             | 12000      | 0.346      |
| SS623-2RS   | 8937420           | Stainless Steel Deep Groove 3mm ID  | Sealed   | Plain     | 3        | 10       | 4           | 936           | 348.8        | 36000             | 45000      | 0.002      |
| SS624-2RS   | 8937424           | Stainless Steel Deep Groove 4mm ID  | Sealed   | Plain     | 4        | 13       | 5           | 1252.8        | 482.4        | 35000             | 38700      | 0.003      |
| SS625-2RS   | 8937433           | Stainless Steel Deep Groove 5mm ID  | Sealed   | Plain     | 5        | 16       | 5           | 1245.6        | 482.4        | 35000             | 38700      | 0.005      |
| SS626-2RS   | 8937436           | Stainless Steel Deep Groove 6mm ID  | Sealed   | Plain     | 6        | 19       | 6           | 1886.4        | 763.2        | 30000             | 34200      | 0.008      |
| SS627-2RS   | 8937430           | Stainless Steel Deep Groove 7mm ID  | Sealed   | Plain     | 7        | 22       | 7           | 2376          | 979.2        | 28000             | 32400      | 0.013      |
| SS61800-2RS | 8937449           | Stainless Steel Deep Groove 10mm ID | Sealed   | Plain     | 10       | 19       | 5           | 1.44          | 0.744        | 28000             | 36000      | 0.005      |
| SS61801-2RS | 8937442           | Stainless Steel Deep Groove 12mm ID | Sealed   | Plain     | 12       | 21       | 5           | 1.52          | 0.8          | 24000             | 32000      | 0.006      |
| SS61802-2RS | 8937446           | Stainless Steel Deep Groove 15mm ID | Sealed   | Plain     | 15       | 25       | 5           | 1.68          | 1.04         | 22000             | 30000      | 0.007      |
| SS61803-2RS | 8937455           | Stainless Steel Deep Groove 17mm ID | Sealed   | Plain     | 17       | 26       | 5           | 1.76          | 1.2          | 20000             | 28000      | 0.008      |
| SS61804-2RS | 8937458           | Stainless Steel Deep Groove 20mm ID | Sealed   | Plain     | 20       | 32       | 7           | 2.8           | 1.76         | 18000             | 24000      | 0.019      |
| SS61805-2RS | 8937452           | Stainless Steel Deep Groove 25mm ID | Sealed   | Plain     | 25       | 37       | 7           | 3.44          | 2.32         | 16000             | 20000      | 0.022      |
| SS61900-2RS | 8937461           | Stainless Steel Deep Groove 10mm ID | Sealed   | Plain     | 10       | 22       | 6           | 2.16          | 1.04         | 25000             | 32000      | 0.009      |
| SS61901-2RS | 8937464           | Stainless Steel Deep Groove 12mm ID | Sealed   | Plain     | 12       | 24       | 6           | 2.32          | 1.2          | 22000             | 28000      | 0.011      |
| SS61902-2RS | 8937468           | Stainless Steel Deep Groove 15mm ID | Sealed   | Plain     | 15       | 28       | 7           | 3.44          | 1.84         | 20000             | 26000      | 0.016      |
| SS61903-2RS | 8937477           | Stainless Steel Deep Groove 17mm ID | Sealed   | Plain     | 17       | 30       | 7           | 3.68          | 2.08         | 19000             | 24000      | 0.018      |
| SS61904-2RS | 8937470           | Stainless Steel Deep Groove 20mm ID | Sealed   | Plain     | 20       | 37       | 9           | 5.12          | 2.96         | 17000             | 22000      | 0.036      |
| SS61905-2RS | 8937474           | Stainless Steel Deep Groove 25mm ID | Sealed   | Plain     | 25       | 42       | 9           | 5.6           | 3.6          | 14000             | 18000      | 0.041      |



Datasheet

## **RS Pro 316, A4 Stainless Steel, Hex Nut, M4**

RS Stock No: **189-579**



### **Product Details**

RS Pro hex nut measures 7 mm and has a thread size of M4. This metric hex nut features A4, 316 stainless steel construction with plain finish for long life durability. The A4 stainless steel hex nut meets DIN934 standards.

### **Features and Benefits**

- Metric hex nuts
- To DIN934
- A4 grade 18/8 stainless steel construction

**Specifications:**

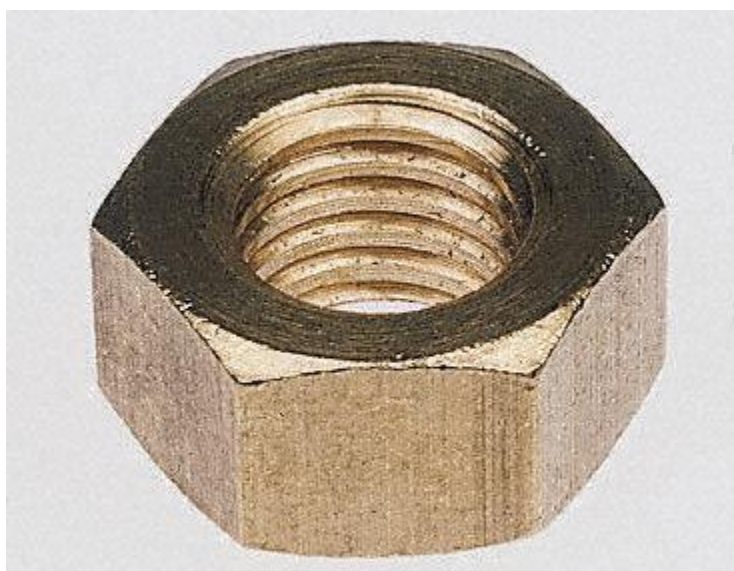
|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| Finish               | Plain             |
| Material             | Stainless Steel   |
| Type                 | Full              |
| Stainless Steel Type | 316 (A4)          |
| Thread Size          | M4                |
| Specification        | DIN 934, ISO 4032 |
| Thickness            | 2.9 to 3.2 mm     |
| Thread Pitch         | 0.7               |
| Width Across Corners | 7.66 mm           |
| Width Across Flats   | 6.78 to 7 mm      |
|                      |                   |



ENGLISH

## Datasheet Hex Nuts

# Plain Brass Full Hex Nut



### Features:

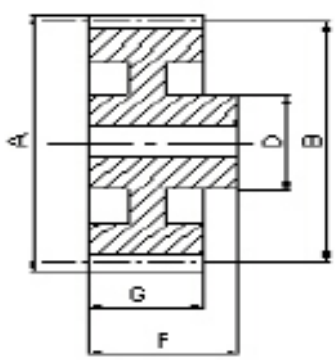
Finish: Plain

Material: Brass

Nut Type: Full

| RS Stock No. | Thread Size |
|--------------|-------------|
| 4832485      | M3          |
| 4832508      | M4          |
| 4832520      | M6          |
| 4832542      | M8          |
| 4832558      | M10         |

# Spur Gears 0.5MOD - 20° p.a. in moulded Delrin® 500 to gear quality AGMA 7

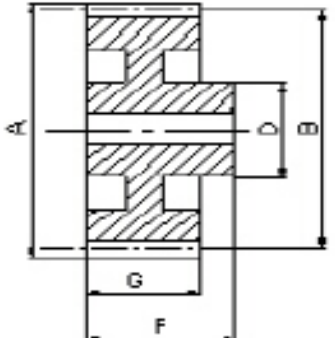
|  |  |
|--|--|
| Intermediate sizes &<br>Special gears to drawing<br>(tooling charges may apply)          |  |
| All dimensions in mm   |  |
| Standard tolerances, unless otherwise stated<br>±0.25mm.<br>Bore tolerance +0.02 / -0.04 |  |

| Code     | No. of Teeth | Pitch Ø<br>B | Bore<br>Ø | Hub/Boss<br>Ø D | Outside<br>Ø A | O/A Width<br>F | Face Width<br>G |
|----------|--------------|--------------|-----------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| DS05-12B | 12           | 6            | 2         | 4.5             | 7              | 7              | 3               |
| DS05-15B | 15           | 7.5          | 2         | 4.5             | 8.5            | 7              | 3               |
| DS05-16B | 16           | 8            | 3         | 6               | 9              | 7              | 3               |
| DS05-18B | 18           | 9            | 3         | 6               | 10             | 7              | 3               |
| DS05-20B | 20           | 10           | 4         | 8               | 11             | 7              | 3               |
| DS05-24B | 24           | 12           | 4         | 8               | 13             | 7              | 3               |
| DS05-25B | 25           | 12.5         | 4         | 8               | 13.5           | 7              | 3               |
| DS05-28B | 28           | 14           | 4         | 8               | 15             | 7              | 3               |
| DS05-30B | 30           | 15           | 5         | 10              | 16             | 7              | 3               |
| DS05-32B | 32           | 16           | 5         | 10              | 17             | 7              | 3               |
| DS05-35B | 35           | 17.5         | 5         | 10              | 18.5           | 7              | 3               |
| DS05-36B | 36           | 18           | 5         | 10              | 19             | 7              | 3               |
| DS05-40B | 40           | 20           | 5         | 12              | 21             | 7              | 3               |
| DS05-45B | 45           | 22.5         | 5         | 12              | 23.5           | 7              | 3               |
| DS05-48B | 48           | 24           | 5         | 12              | 25             | 7              | 3               |
| DS05-50B | 50           | 25           | 5         | 12              | 26             | 7              | 3               |
| DS05-56B | 56           | 28           | 6         | 14              | 29             | 8              | 3               |
| DS05-60B | 60           | 30           | 6         | 14              | 31             | 8              | 3               |
| DS05-64B | 64           | 32           | 6         | 14              | 33             | 8              | 3               |
| DS05-70B | 70           | 35           | 6         | 14              | 36             | 8              | 3               |
| DS05-72B | 72           | 36           | 6         | 14              | 37             | 8              | 3               |
| DS05-80B | 80           | 40           | 6         | 14              | 41             | 8              | 3               |

Sintered bronze bushes (see below) are available to be used with these gears

Please note : All dimensions including bore sizes subject to change.  
If a dimension is critical to your application please contact our sales department for confirmation.

# Spur Gears 0.8MOD - 20° p.a. in moulded Delrin® 500 to gear quality AGMA 7

|  |  |
|--|--|
| Intermediate sizes &<br>Special gears to drawing<br>(tooling charges may apply)          |  |
| All dimensions in mm   |  |
| Standard tolerances, unless otherwise stated<br>±0.25mm.<br>Bore tolerance +0.02 / -0.04 |  |

| Code     | No. of Teeth | Pitch Ø<br>B | Bore<br>Ø H9 | Hub/Boss<br>Ø D | Outside<br>Ø A | O/A Width<br>F | Face Width<br>G |
|----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| DS08-12B | 12           | 9.6          | 3            | 6               | 11.2           | 9              | 4               |
| DS08-15B | 15           | 12           | 3            | 6               | 13.6           | 9              | 4               |
| DS08-16B | 16           | 12.8         | 4            | 8               | 14.4           | 9              | 4               |
| DS08-18B | 18           | 14.4         | 4            | 8               | 16             | 9              | 4               |
| DS08-20B | 20           | 16           | 5            | 10              | 17.6           | 9              | 4               |
| DS08-24B | 24           | 19.2         | 5            | 10              | 20.8           | 9              | 4               |
| DS08-25B | 25           | 20           | 5            | 10              | 21.6           | 9              | 4               |
| DS08-28B | 28           | 22.4         | 5            | 10              | 24             | 9              | 4               |
| DS08-30B | 30           | 24           | 6            | 12              | 25.6           | 9              | 4               |
| DS08-32B | 32           | 25.6         | 6            | 12              | 27.2           | 9              | 4               |
| DS08-35B | 35           | 28           | 6            | 12              | 29.6           | 9              | 4               |
| DS08-36B | 36           | 28.8         | 6            | 12              | 30.4           | 9              | 4               |
| DS08-40B | 40           | 32           | 6            | 12              | 33.6           | 9              | 4               |
| DS08-45B | 45           | 36           | 6            | 12              | 37.6           | 9              | 4               |
| DS08-48B | 48           | 38.4         | 6            | 14.5            | 40             | 10             | 4               |
| DS08-50B | 50           | 40           | 6            | 14.5            | 41.6           | 10             | 4               |
| DS08-56B | 56           | 44.8         | 6            | 14.5            | 46.4           | 10             | 4               |
| DS08-60B | 60           | 48           | 6            | 14.5            | 49.6           | 10             | 4               |
| DS08-64B | 64           | 51.2         | 6            | 15.5            | 52.8           | 10             | 4               |
| DS08-70B | 70           | 56           | 6            | 15.5            | 57.6           | 10             | 4               |
| DS08-72B | 72           | 57.6         | 6            | 15.5            | 59.2           | 10             | 4               |
| DS08-80B | 80           | 64           | 6            | 15.5            | 65.6           | 10             | 4               |

Sintered bronze bushes (see below) are available to be used with these gears

Please note : All dimensions including bore sizes subject to change.

If a dimension is critical to your application please contact our sales department for confirmation.

RS, Professionally Approved Products, gives you professional quality parts across all products categories. Our range has been testified by engineers as giving comparable quality to that of the leading brands without paying a premium price.

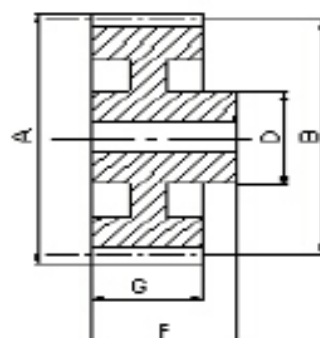
# Spur Gears 1.0MOD - 20° p.a. in moulded Delrin® 500 to gear quality AGMA 7

Intermediate sizes &  
Special gears to drawing  
(tooling charges may apply)

All dimensions in mm

Standard tolerances, unless otherwise stated  
±0.25mm.

Bore tolerance +0.02 / -0.04

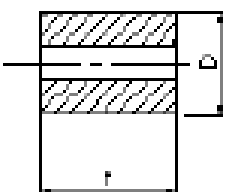


| Code     | No. of Teeth | Pitch Ø<br>B | Bore<br>Ø H9 | Hub/Boss<br>Ø D | Outside<br>Ø A | O/A Width<br>F | Face Width<br>G |
|----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| DS10-12B | 12           | 12           | 4            | 8               | 14             | 12             | 6               |
| DS10-15B | 15           | 15           | 4            | 8               | 17             | 12             | 6               |
| DS10-16B | 16           | 16           | 5            | 10              | 18             | 12             | 6               |
| DS10-18B | 18           | 18           | 5            | 10              | 20             | 12             | 6               |
| DS10-20B | 20           | 20           | 5            | 11.7            | 22             | 12             | 6               |
| DS10-24B | 24           | 24           | 5            | 11.7            | 26             | 12             | 6               |
| DS10-25B | 25           | 25           | 5            | 11.7            | 27             | 12             | 6               |
| DS10-28B | 28           | 28           | 5            | 11.7            | 30             | 12             | 6               |
| DS10-30B | 30           | 30           | 6            | 14              | 32             | 12             | 6               |
| DS10-32B | 32           | 32           | 6            | 14              | 34             | 12             | 6               |
| DS10-35B | 35           | 35           | 6            | 14              | 37             | 12             | 6               |
| DS10-36B | 36           | 36           | 6            | 14              | 38             | 12             | 6               |
| DS10-40B | 40           | 40           | 8            | 16              | 42             | 12             | 6               |
| DS10-45B | 45           | 45           | 8            | 16              | 47             | 12             | 6               |
| DS10-48B | 48           | 48           | 8            | 16              | 50             | 14             | 6               |
| DS10-50B | 50           | 50           | 8            | 16              | 52             | 14             | 6               |
| DS10-56B | 56           | 56           | 8            | 18              | 58             | 14             | 6               |
| DS10-60B | 60           | 60           | 8            | 18              | 62             | 14             | 6               |
| DS10-64B | 64           | 64           | 8            | 18              | 66             | 14             | 6               |
| DS10-70B | 70           | 70           | 8            | 18              | 72             | 14             | 6               |
| DS10-72B | 72           | 72           | 8            | 18              | 74             | 14             | 6               |
| DS10-80B | 80           | 80           | 8            | 18              | 82             | 14             | 6               |

Sintered bronze bushes (see below) are available to be used with these gears

Please note : All dimensions including bore sizes subject to change.  
If a dimension is critical to your application please contact our sales department for confirmation.

# Sintered Bronze Bushes type OB

|  |  |
|--|--|
| Intermediate sizes &<br>special bushes to drawing<br>(tooling charges may apply) |  |
| All dimensions in mm   |  |
| Bore tolerance G7<br>OD tolerance s7<br>Length tolerance js13                    |  |

| Code   | Bore<br>Ø mm | Outside<br>Ø D mm | Length<br>F mm | Use with         |
|--------|--------------|-------------------|----------------|------------------|
| OB357  | 3            | 5                 | 7              | DS05, DS08       |
| OB368  | 3            | 6                 | 8              | DS05 > 56T, DS08 |
| OB469  | 4            | 6                 | 9              | DS08, DS10       |
| OB4612 | 4            | 6                 | 12             | DS10             |
| OB5812 | 5            | 8                 | 12             | DS10             |
| OB5815 | 5            | 8                 | 14             | DS10 > 48T       |

## Datasheet

### **RS Pro 300mm x 8mm Diameter Stainless Steel Rod**

RS Stock No: **786-6015**



## Product Details

RS Pro stainless steel rod measures 300 mm x 8 mm. This tube can be used to fit into your structural systems and should be used with the MSM clamps.

## Features and Benefits

- MSM connecting tubes
- Stainless steel construction





ENGLISH

### Specifications:

|                |                 |
|----------------|-----------------|
| Form           | Rod             |
| Material       | Stainless Steel |
| Length         | 300 mm          |
| Outer Diameter | 8 mm            |
|                |                 |

## Datasheet

# RS Pro 1000mm x 10mm diameter 303S31 Stainless Steel Rod

RS Stock No: **682-832**



## Product Details

RS Pro stainless steel rod measures 1000 mm x 10 mm and it contains additional sulphur to induce free machining properties. It is a high corrosion-resistant and non-magnetic rod.

## Features and Benefits

- Round bar - BS970 Part 1 1983 303S31
- BSEN 10088-3 standard
- 303S31 stainless steel construction
- 16.3 W/m.K at 100°C thermal conductivity



ENGLISH

### Specifications:

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| Form                 | Rod                    |
| Hardness             | 262 HB                 |
| Material             | 303S31 Stainless Steel |
| Density              | 8.03 g/cm <sup>3</sup> |
| Length               | 1 m                    |
| Outer Diameter       | 10 mm                  |
| Thermal Conductivity | 16.3 W/mK at 100°C     |
| Tensile Strength     | 500                    |
| Stainless Steel      | 303                    |



# White

Photoreactive Resin for Formlabs 3D printers

## SAFETY DATA SHEET

Prepared: 15/10/2016

Version: 1

GHS/CLP Labelling  
Hazard pictograms:



**Signal word:** Warning

## SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

### 1.1 Product identifier

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Product name                  | : White Photoreactive Resin for Formlabs 3D printers.  |
| Product code                  | : Not available  |
| Product description           | : Mixture of methacrylic acid esters, photoinitiators, proprietary pigment and additive package. |
| Product type                  | : Liquid.  |
| Other means of identification | : Not available  |

### 1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

|                 |                                    |
|-----------------|------------------------------------|
| Identified uses | : For use in Formlabs 3D printers. |
|-----------------|------------------------------------|

### 1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

|   |  |
|---|--|
| Supplier's details                                | : Formlabs, Inc.<br>35 Medford Street, Suite #201<br>Somerville, MA<br>USA |
| E-mail address of person responsible for this SDS | : sds@formlabs.com   |

### 1.4 Emergency telephone number

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| National advisory body/Poison Centre |   |
| Telephone number                     | : North America call +1 800 255 3924<br>Worldwide Intl. call +01 813 248 0585 |
| Hours of operation                   | : 24/7  |

## SECTION 2: Hazards identification

### 2.1 Classification of the substance or mixture

|   |            |
|---|------------|
| Product definition  | : Mixture. |
| Classification according to Regulation (EC) No. 1272/2008 [CLP/GHS]                       |            |
| Eye Irrit. 2, H319  |            |
| Skin Sens. 1, H317  |            |
| The product is classified as hazardous according to Regulation (EC) 1272/2008 as amended. |            |
| See Section 16 for the full text of the H statements declared above.                      |            |
| See Section 11 for more detailed information on health effects and symptoms.              |            |

### 2.2 Label elements

|                   |   |
|-------------------|---|
| Hazard pictograms | : |
|-------------------|---|



|             |           |
|-------------|-----------|
| Signal word | : Warning |
|-------------|-----------|

|  |   |
|--|---|
| <b>Hazard statements</b>   | : H319 - Causes serious eye irritation.<br>H317 - May cause an allergic skin reaction.  |
| <b>Precautionary statements</b>  |   |
| General  | : Not applicable.   |
| Prevention   | : P280 - Wear protective gloves. Wear eye or face protection.<br>P261 - Avoid breathing vapour.   |
| Response   | : P305 + P351 + P338 - IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. |
| Storage  | : Not applicable.   |
| Disposal   | : P501 - Dispose of contents and container in accordance with all local, regional,national and international regulations.                               |
| <b>Hazardous ingredients</b>   | : Diphenyl(2,4,6-trimethylbenzoyl)phosphine oxide.  |
| <b>Supplemental label elements</b>   | : Not applicable.   |
| <b>Annex XVII - Restrictions on the manufacture,placing on the market and use of certain dangerous substances, mixtures and articles</b> | : Not applicable.   |
| <b>Special packaging requirements</b>  |   |
| Containers to be fitted with child-resistant fastenings  | : Not applicable.   |
| Tactile warning of danger  | : Not applicable.   |
| <b>2.3 Other hazards</b>   |   |
| Other hazards which do not result in classification  | : None known.   |

## SECTION 3: Composition/information on ingredients

### 3.2 Mixtures: Mixture.

| Product/ingredient name                         | Identifiers   | %         | Classification<br>Regulation (EC) No. 1272/2008 [CLP]     | Type |
|---|---|-----------|---|------|
| Methacrylated oligomer                          | -   | ≥75 - ≤90 | Skin Sens. 1, H317  | [1]  |
| Methacrylated monomer                           | -   | ≥25 - ≤50 | Eye Irrit. 2, H319<br>Skin Sens. 1, H317                  | [1]  |
| Diphenyl(2,4,6-trimethylbenzoyl) phosphineoxide | EC: 278-355-8<br>CAS: 75980-60-8<br>Index: 015-203-00-X | ≥1 - <3   | Repr. 2, H361f (Fertility, causing atrophy of the testes) | [1]  |

There are no additional ingredients present which, within the current knowledge of the supplier and in the concentrations applicable, are classified as hazardous to health or the environment, are PBTs, vPvBs or Substances of equivalent concern, or have been assigned a workplace exposure limit and hence require reporting in this section.

Type:

[1] Substance classified with a health or environmental hazard

[2] Substance with a workplace exposure limit

[3] Substance meets the criteria for PBT according to Regulation (EC) No. 1907/2006, Annex XIII

[4] Substance meets the criteria for vPvB according to Regulation (EC) No. 1907/2006, Annex XIII

[5] Substance of equivalent concern

Occupational exposure limits, if available, are listed in Section 8.

## SECTION 4: First aid measures

### 4.1 Description of first aid measures

#### Eye contact

: Immediately flush eyes with plenty of water, occasionally lifting the upper and lower eyelids. Check for and remove any contact lenses. Continue to rinse for at least 20 minutes. Get medical attention.

#### Inhalation

: Remove victim to fresh air and keep at rest in a position comfortable for breathing. If not breathing, if breathing is irregular or if respiratory arrest occurs, provide artificial respiration or oxygen by trained personnel. It may be dangerous to the person providing aid to give mouth-to-mouth resuscitation. Get medical attention if adverse health effects persist or are severe. If unconscious, place in recovery position and get medical attention immediately. In case of inhalation of decomposition products in a fire, symptoms may be delayed. The exposed person may need to be kept under medical surveillance for 48 hours.

#### Skin contact

: Wash with plenty of soap and water. Wash contaminated clothing thoroughly with water before removing it, or wear gloves. Continue to rinse for at least 20 minutes. Get medical attention. In the event of any complaints or symptoms, avoid further exposure. Wash clothing before reuse. Clean shoes thoroughly before reuse.

#### Ingestion

: Wash out mouth with water. Remove victim to fresh air and keep at rest in a position comfortable for breathing. If material has been swallowed and the exposed person is conscious, give small quantities of water to drink. Stop if the exposed person feels sick as vomiting may be dangerous. Do not induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Get medical attention if adverse health effects persist or are severe. Never give anything by mouth to an unconscious person. If unconscious, place in recovery position and get medical attention immediately.

#### Protection of first-aiders

: No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. It may be dangerous to the person providing aid to give mouth-to-mouth resuscitation. Wash contaminated clothing thoroughly with water before removing it, or wear gloves.

### 4.2 Most important symptoms and effects, both acute delayed

#### Potential acute health effects

##### Eye contact

: Causes serious eye irritation.

##### Inhalation

: No known significant effects or critical hazards.

##### Skin contact

: May cause an allergic skin reaction.

##### Ingestion

: No known significant effects or critical hazards.

#### Over-exposure signs/symptoms

##### Eye contact

: Adverse symptoms may include the following:  
pain or irritation  
watering  
redness

|              |  |
|--------------|--|
| Inhalation   | : No known significant effects or critical hazards.                    |
| Skin contact | : Adverse symptoms may include the following:<br>irritation<br>redness |
| Ingestion    | : No known significant effects or critical hazards.                    |

#### 4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

|                     |  |
|---------------------|--|
| Notes to physician  | : In case of inhalation of decomposition products in a fire, symptoms may be delayed.<br>The exposed person may need to be kept under medical surveillance for 48 hours. |
| Specific treatments | : No known significant effects or critical hazards.  |

## SECTION 5: Firefighting measures

### 5.1 Extinguishing media

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Suitable extinguishing media   | : Use an extinguishing agent suitable for the surrounding fire. |
| Unsuitable extinguishing media | : None known.   |

### 5.2 Special hazards arising from the substance or mixture

|  |  |
|--|--|
| Hazards from the substance or mixture    | : Not applicable.  |
| Hazardous thermal decomposition products | : Decomposition products may include the following materials:<br>carbon dioxide<br>carbon monoxide<br>nitrogen oxides<br>phosphorus oxides |

### 5.3 Advice for firefighters

|  |   |
|--|---|
| Special protective actions for fire-fighters   | : No special measures are required.   |
| Special protective equipment for fire-fighters | : Fire-fighters should wear appropriate protective equipment and self-contained breathing apparatus (SCBA) with a full face-piece operated in positive pressure mode. Clothing for fire-fighters (including helmets, protective boots and gloves) conforming to European standard EN 469 will provide a basic level of protection for chemical incidents. |

## SECTION 6: Accidental release measures

### 6.1 Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| For non emergency personnel | : No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. Keep unnecessary and unprotected personnel from entering. Do not touch or walk through spilt material. Avoid breathing vapour or mist. Provide adequate ventilation. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate. Put on appropriate personal protective equipment. |
| For emergency responders    | : If specialised clothing is required to deal with the spillage, take note of any information in Section 8 on suitable and unsuitable materials. See also the information in "For non-emergency personnel".   |

### 6.2 Environmental precautions

|   |
|---|
| : Avoid dispersal of spilt material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers. Inform the relevant authorities if the product has caused environmental pollution (sewers, waterways, soil or air). |
|---|



### 6.3 Methods and material for containment and cleaning up

#### Small spill

: Stop leak if without risk. Move containers from spill area. Dilute with water and mop up if water-soluble. Alternatively, or if water-insoluble, absorb with an inert dry material and place in an appropriate waste disposal container. Dispose of via a licensed waste disposal contractor.

#### Large spill

: Stop leak if without risk. Move containers from spill area. Approach the release from upwind. Prevent entry into sewers, water courses, basements or confined areas. Wash spillages into an effluent treatment plant or proceed as follows. Contain and collect spillage with non-combustible, absorbent material e.g. sand, earth, vermiculite or diatomaceous earth and place in container for disposal according to local regulations. Dispose of via a licensed waste disposal contractor. Contaminated absorbent material may pose the same hazard as the spilt product.

### 6.4 Reference to other sections

: See Section 1 for emergency contact information.  
See Section 8 for information on appropriate personal protective equipment.  
See Section 13 for additional waste treatment information.

## SECTION 7: Handling and storage

The information in this section contains generic advice and guidance. The list of Identified Uses in Section 1 should be consulted for any available use-specific information provided in the Exposure Scenario(s).

### 7.1 Precautions for safe handling

#### Protective measures

: Put on appropriate personal protective equipment (see Section 8). Persons with a history of skin sensitization problems should not be employed in any process in which this product is used. Do not get in eyes or on skin or clothing. Do not ingest. Avoid breathing vapour or mist. Keep in the original container or an approved alternative made from a compatible material, kept tightly closed when not in use. Empty containers retain product residue and can be hazardous. Do not reuse container.

#### Advice on general occupational hygiene

: Eating, drinking and smoking should be prohibited in areas where this material is handled, stored and processed. Workers should wash hands and face before eating, drinking and smoking. See also Section 8 for additional information on hygiene measures.

### 7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Store in accordance with local regulations. Store in original container protected from direct sunlight in a dry, cool and well-ventilated area, away from incompatible materials (see Section 10) and food and drink. Keep container tightly closed and sealed until ready for use. Containers that have been opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage. Do not store in unlabelled containers. Use appropriate containment to avoid environmental contamination.

### 7.3 Specific end use(s)

#### Recommendations

: Not available.

#### Industrial sector specific sections

: Not available.

## SECTION 8: Exposure controls/personal protection

The information in this section contains generic advice and guidance. Information is provided based on typical anticipated uses of the product. Additional measures might be required for bulk handling or other uses that could significantly increase worker exposure or environmental releases.

### 8.1 Control parameters

#### Occupational exposure limits

No exposure limit value known.

#### Recommended monitoring procedures

: If this product contains ingredients with exposure limits, personal, workplace atmosphere or biological monitoring may be required to determine the effectiveness of the ventilation or other control measures and/or the necessity to use respiratory protective equipment. Reference should be made to monitoring standards, such as the following: European Standard EN 689 (Workplace atmospheres - Guidance for the assessment of exposure by inhalation to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy) European Standard EN 14042 (Workplace atmospheres - Guide for the application and use of procedures for the assessment of exposure to chemical and biological agents) European Standard EN 482 (Workplace atmospheres - General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents). Reference to national guidance documents for methods for the determination of hazardous substances will also be required.

#### DNELs/DMELs

No DNELs/DMELs available.

#### PNECs

No PNECs available.

### 8.2 Exposure controls

#### Appropriate engineering controls

: Good general ventilation should be sufficient to control worker exposure to airborne contaminants.

#### Individual protection measures

##### Hygiene measures

: Wash hands, forearms and face thoroughly after handling chemical products, before eating, smoking and using the lavatory and at the end of the working period. Appropriate techniques should be used to remove potentially contaminated clothing. Contaminated work clothing should not be allowed out of the workplace. Wash contaminated clothing before reusing. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.

##### Eye/face protection

: Safety eyewear complying with an approved standard should be used when a risk assessment indicates this is necessary to avoid exposure to liquid splashes, mists, gases or dusts. If contact is possible, the following protection should be worn, unless the assessment indicates a higher degree of protection: chemical splash goggles.

#### Skin protection

##### Hand protection

: Chemical-resistant, impervious gloves complying with an approved standard should be worn at all times when handling chemical products if a risk assessment indicates this is necessary. Considering the parameters specified by the glove manufacturer, check during use that the gloves are still retaining their protective properties. It should be noted that the time to breakthrough for any glove material may be different for different glove manufacturers. In the case of mixtures, consisting of several substances, the protection time of the gloves cannot be accurately estimated.

|  |  |
|--|--|
| <b>Body protection</b>                 | : Personal protective equipment for the body should be selected based on the task being performed and the risks involved and should be approved by a specialist before handling this product.  |
| <b>Other skin protection</b>           | : Appropriate footwear and any additional skin protection measures should be selected based on the task being performed and the risks involved and should be approved by a specialist before handling this product.  |
| <b>Respiratory protection</b>          | : Based on the hazard and potential for exposure, select a respirator that meets the appropriate standard or certification. Respirators must be used according to a respiratory protection program to ensure proper fitting, training, and other important aspects of use. |
| <b>Environmental exposure controls</b> | : Emissions from ventilation or work process equipment should be checked to ensure they comply with the requirements of environmental protection legislation.  |

## SECTION 9: Physical and chemical properties

### 9.1 Information on basic physical and chemical properties

|  |   |
|--|---|
| <b>Appearance</b>                            |   |
| Physical state                               | : Liquid.   |
| Colour                                       | : White.  |
| Odour  | : Light/Characteristic/Acrylate.  |
| Odour threshold                              | : Not available.  |
| pH   | : Not available.  |
| Melting point/freezing point                 | : Not available.  |
| Initial boiling point and boiling range      | : >100 °C.  |
| Flash point                                  | : Closed cup: >93.333°C [Setaflash.]  |
| Evaporation rate                             | : Not available.  |
| Flammability (solid, gas)                    | : Not available.  |
| Upper/lower flammability or explosive limits | : Not available.  |
| Vapour pressure                              | : Not available.  |
| Vapour density                               | : Not available.  |
| Relative density                             | : 1.09 to 1.12  |
| <b>Solubility(ies)</b>                       | : Very slightly soluble in the following materials: cold water and hot water.<br>Soluble in organic solvents. |
| Partition coefficient n-octanol/water        | : Not available.  |
| Auto-ignition temperature                    | : Not available.  |
| Decomposition temperature                    | : Not available.  |
| Viscosity                                    | : Dynamic (room temperature): 850 to 900 mPa·s  |
| Explosive properties                         | : Not available.  |
| Oxidising properties                         | : Not available.  |

### 9.2 Other information

No additional information.

## SECTION 10: Stability and reactivity

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>10.1 Reactivity</b> | : No specific test data related to reactivity available for this product or its ingredients. |
|------------------------|--|

|   |  |
|---|--|
| 10.2 Chemical stability                 | : The product is stable.   |
| 10.3 Possibility of hazardous reactions | : Under normal conditions of storage and use, hazardous reactions will not occur.                      |
| 10.4 Conditions to avoid                | : No specific data.  |
| 10.5 Incompatible materials             | : Reactive or incompatible with the following materials: oxidising materials and alkalis.              |
| 10.6 Hazardous decomposition products   | : Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced. |

SECTION 11: Toxicological information

11.1 Information on toxicological effects

Acute toxicity

| Product/ingredient name | Result    | Species | Dose        | Exposure |
|-------------------------|-----------|---------|-------------|----------|
| Methacrylated monomer   | LD50 Oral | Rat     | 11200 mg/kg | -        |

Irritation/Corrosion

There is no data available.

Sensitisation

There is no data available.

Mutagenicity

There is no data available.

Carcinogenicity

There is no data available.

Reproductive toxicity

There is no data available.

Teratogenicity

There is no data available.

Specific target organ toxicity (single exposure)

There is no data available.

Specific target organ toxicity (repeated exposure)

There is no data available.

Aspiration hazard

There is no data available.

|   |   |
|---|---|
| Information on likely routes of exposure. | : Dermal contact. Eye contact. Inhalation. Ingestion. |
|---|---|

Potential acute health effects

|             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| Eye contact | : Causes serious eye irritation. |
|-------------|----------------------------------|

|              |   |
|--------------|---|
| Inhalation   | : No known significant effects or critical hazards. |
| Skin contact | : May cause an allergic skin reaction.              |
| Ingestion    | : No known significant effects or critical hazards. |

#### Symptoms related to the physical, chemical and toxicological characteristics

|              |  |
|--------------|--|
| Eye contact  | : Adverse symptoms may include the following:<br>pain or irritation<br>watering<br>redness |
| Inhalation   | : No known significant effects or critical hazards.  |
| Skin contact | : Adverse symptoms may include the following:<br>irritation<br>redness                     |
| Ingestion    | : No known significant effects or critical hazards.  |

#### Delayed and immediate effects as well as chronic effects from short and long-term exposure

##### Short term exposure

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Potential immediate effects | : No known significant effects or critical hazards. |
| Potential delayed effects   | : No known significant effects or critical hazards. |

##### Long term exposure

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Potential immediate effects | : No known significant effects or critical hazards. |
| Potential delayed effects   | : No known significant effects or critical hazards. |

##### Potential chronic health effects

|                       |   |
|-----------------------|---|
| General               | : Once sensitized, a severe allergic reaction may occur when subsequently exposed to very low levels. |
| Carcinogenicity       | : No known significant effects or critical hazards.   |
| Mutagenicity          | : No known significant effects or critical hazards.   |
| Teratogenicity        | : No known significant effects or critical hazards.   |
| Developmental effects | : No known significant effects or critical hazards.   |
| Fertility effects     | : No known significant effects or critical hazards.   |

|                   |                  |
|-------------------|------------------|
| Other information | : Not available. |
|-------------------|------------------|

# SECTION 12: Ecological information

## 12.1 Toxicity

There is no data available.

## 12.2 Persistence and degradability

There is no data available.

## 12.3 Bioaccumulative potential

| Product/ingredient name                         | LogP <sub>ow</sub> | BCF      | Potential |
|---|--------------------|----------|-----------|
| Methacrylated oligomer                          | 3                  | -        | low       |
| Methacrylated monomer                           | 0.97               | -        | low       |
| Diphenyl(2,4,6-trimethylbenzoyl) phosphineoxide | -                  | 53 to 72 | low       |

## 12.4 Mobility in soil

- Soil/water partition coefficient (K<sub>oc</sub>) : Not available.
- Mobility : Not available.

## 12.5 Results of PBT and vPvB assessment

- PBT : Not applicable.
- vPvB : Not applicable.

- 12.6 Other adverse effects : No known significant effects or critical hazards.

# SECTION 13: Disposal considerations

The information in this section contains generic advice and guidance. The list of Identified Uses in Section 1 should be consulted for any available use-specific information provided in the Exposure Scenario(s).

## 13.1 Waste treatment methods

### Product

- Methods of disposal : The generation of waste should be avoided or minimised wherever possible. Disposal of this product, solutions and any by-products should comply with the requirements of environmental protection and waste disposal legislation and any regional local authority requirements. Dispose of surplus and non-recyclable products via a licensed waste disposal contractor. Waste should not be disposed of untreated to the sewer unless fully compliant with the requirements of all authorities with jurisdiction.
- Hazardous waste : The classification of the product may meet the criteria for a hazardous waste.

### Packaging

- Methods of disposal : The generation of waste should be avoided or minimised wherever possible. Waste packaging should be recycled. Incineration or landfill should only be considered when recycling is not feasible.

### Special precautions

: This material and its container must be disposed of in a safe way. Care should be taken when handling empty containers that have not been cleaned or rinsed out. Empty containers or liners may retain some product residues. Avoid dispersal of spilt material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers.

## SECTION 14: Transport information

### 14.6 Special precautions for user

: Transport within user's premises: always transport in closed containers that are upright and secure. Ensure that persons transporting the product know what to do in the event of an accident or spillage.

|                                 | ADR/RID        | ADN            | IMDG           | IATA           |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 14.1 UN number                  | Not regulated. | Not regulated. | Not regulated. | Not regulated. |
| 14.2 UN proper shipping name    | -              | -              | -              | -              |
| 14.3 Transport hazard class(es) | -              | -              | -              | -              |
| 14.4 Packing group              | -              | -              | -              | -              |
| 14.5 Environmental hazards      | No.            | No.            | No.            | No.            |
| Additional information          | -              | -              | -              | -              |

## SECTION 15: Regulatory information

### 15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

#### EU Regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)

##### Annex XIV - List of substances subject to authorisation

##### Annex XIV

None of the components are listed.

##### Substances of very high concern

None of the components are listed.

##### Annex XVII - Restrictions on the manufacture, placing on the market and use of certain dangerous substances, mixtures and articles

: Not applicable.

#### Other EU regulations

##### Europe inventory

: All components are listed or exempted.

| Product/<br>ingredient name                         | Carcinogenic<br>effects | Mutagenic effects | Developmental<br>effects | Fertility effects   |
|---|-------------------------|-------------------|--------------------------|---|
| diphenyl(2,4,6-trimethylbenzoyl)<br>phosphine oxide | -                       | -                 | -                        | Repr. 2, H361f<br>(Fertility, causing<br>atrophy of the testes) |

#### Ozone depleting substances (1005/2009/EU)

Not listed.

#### Prior Informed Consent (PIC) (649/2012/EU)

Not listed.

#### Seveso Directive

This product is not controlled under the Seveso Directive.

#### National regulations

**D.Lgs. 152/06** : Not classified.

#### 15.2 Chemical safety assessment

: This product contains substances for which Chemical Safety Assessments are still required.

## SECTION 16: Other information

#### Abbreviations and acronyms

: ATE = Acute Toxicity Estimate  
CLP = Classification, Labelling and Packaging Regulation [Regulation (EC) No. 1272/2008]  
DMEL = Derived Minimal Effect Level  
DNEL = Derived No Effect Level  
EUH statement = CLP-specific Hazard statement  
PBT = Persistent, Bioaccumulative and Toxic  
PNEC = Predicted No Effect Concentration  
RRN = REACH Registration Number  
vPvB = Very Persistent and Very Bioaccumulative

#### Procedure used to derive the classification according to Regulation (EC) No. 1272/2008 [CLP/GHS]

| Classification                           |   | Justification                            |  |
|--|---|--|--|
| Eye Irrit. 2, H319<br>Skin Sens. 1, H317 |   | Calculation method<br>Calculation method |  |
| Full text of abbreviated H statements    | : | H317                                     | May cause an allergic skin reaction.           |
|  | : | H319                                     | Causes serious eye irritation.                 |
|  | : | H361f                                    | Suspected of damaging fertility.               |
| Full text of classifications [CLP/GHS]   | : | Eye Irrit. 2, H319                       | SERIOUS EYE DAMAGE/EYE IRRITATION - Category 2 |
|  | : | Repr. 2, H361f                           | REPRODUCTIVE TOXICITY (Fertility) - Category 2 |
|  | : | Skin Sens. 1, H317                       | SKIN SENSITISATION - Category 1                |
| History                                  |   |  |  |
| Date of issue (dd/mm/yyyy)               |   | :  | 15/10/2016                                     |
| Version                                  |   | :  | 1  |
| Prepared by                              |   | :  | KMK Regulatory Services Inc                    |

#### Notice to reader

To the best of our knowledge, the information contained herein is accurate. However, neither the above-named supplier, nor any of its subsidiaries, assumes any liability whatsoever for the accuracy or completeness of the information contained herein. Final determination of suitability of any material is the sole responsibility of the user. All materials may present unknown hazards and should be used with caution. Although certain hazards are described herein, we cannot guarantee that these are the only hazards that exist.



Datasheet

## **RS Pro Plain Stainless Steel Hex M4 x 8mm Set Screw**

RS Stock No: **263-2104**



### **Product Details**

RS Pro set screw measuring M4 x 8 mm, is made of plain A4 grade 316 stainless steel. This set screw with metric thread, features hexagon head and hex drive.

### **Features and Benefits**

- Stainless steel A4 Hexagon head screws
- Metric thread
- Features plain finish

**Specifications:**

|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| Drive Type           | Hex             |
| Finish               | Plain           |
| Head Shape           | Hex             |
| Material             | Stainless Steel |
| Length               | 8 mm            |
| Stainless Steel Type | 316 (A4)        |
| Thread Size          | M4              |
| Head Height          | 2.8 mm          |
| Specification        | DIN 933         |
| Width Across Corners | 7.66 mm         |
| Width Across Flats   | 7 mm            |

# Datasheet

**RS Stock No: 6604636**

## **A4, 316 Stainless Steel Self-Colour Hexagon Socket Cap Head Screws: Metric Thread**



Socket caps have a small cylindrical head with tall, vertical sides giving them space-saving advantages as well as greater tensile strength and they require less side room for wrenches.

- Threaded in accordance with DIN 912 Standard
- A4 grade 316 Stainless Steel
- Higher level of corrosion resistance than A2 Stainless Steel
- Can be used up to 300°C
- Used for applications with limited space in high tensile applications
- Suitable for use in many industrial applications involving processing chemicals, as well as high saline environments such as coastal and marine environments
- Also used in most medical, construction, electronic and domestic applications
- Requires a Hex Key / Allen Key



ENGLISH

Please view our full range listing below for all A4 316 Stainless Steel Self-Colour Hexagon Socket Cap Head Screws:

| Head Shape     | Material        | Thread Size | Length | RS Part No. |
|----------------|-----------------|-------------|--------|-------------|
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M3          | 6 mm   | 1871207     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M3          | 8 mm   | 1871213     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M3          | 10 mm  | 6604636     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M3          | 12 mm  | 1871229     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M3          | 16 mm  | 1871235     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M3          | 20 mm  | 3044429     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M3          | 25 mm  | 3044435     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M3          | 30 mm  | 3044615     |
|                |                 |             |        |             |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M4          | 8 mm   | 1871241     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M4          | 10 mm  | 6604639     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M4          | 12 mm  | 1871257     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M4          | 16 mm  | 1871263     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M4          | 20 mm  | 1871279     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M4          | 25 mm  | 1871285     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M4          | 30 mm  | 1871308     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M4          | 40 mm  | 3044609     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M4          | 50 mm  | 3044592     |
|                |                 |             |        |             |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M5          | 8 mm   | 6604633     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M5          | 10 mm  | 3044586     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M5          | 12 mm  | 1871314     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M5          | 16 mm  | 1871320     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M5          | 20 mm  | 1871336     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M5          | 25 mm  | 1871342     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M5          | 30 mm  | 1871364     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M5          | 40 mm  | 1871370     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M5          | 50 mm  | 3044570     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M5          | 60 mm  | 3044564     |



ENGLISH

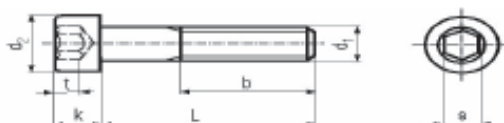
Please view our full range listing below for all A4 316 Stainless Steel Self-Colour Hexagon Socket Cap Head Screws:

| Head Shape     | Material        | Thread Size | Length | RS Part No. |
|----------------|-----------------|-------------|--------|-------------|
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 10 mm  | 6604642     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 12 mm  | 1871386     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 16 mm  | 1871392     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 20 mm  | 1871409     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 25 mm  | 1871421     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 30 mm  | 1871437     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 35 mm  | 1871443     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 40 mm  | 1871459     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 45 mm  | 6604645     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 50 mm  | 1871465     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M6          | 60 mm  | 3044558     |
|                |                 |             |        |             |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 16 mm  | 1871471     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 20 mm  | 1871487     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 25 mm  | 1871493     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 30 mm  | 1871500     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 35 mm  | 1871516     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 40 mm  | 1871522     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 45 mm  | 6604649     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 50 mm  | 1871538     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 60 mm  | 1871544     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 70 mm  | 6604658     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M8          | 80 mm  | 6604651     |
|                |                 |             |        |             |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M10         | 20 mm  | 3044542     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M10         | 25 mm  | 6604655     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M10         | 30 mm  | 3044520     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M10         | 40 mm  | 3044514     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M10         | 50 mm  | 3044508     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M10         | 70 mm  | 3044485     |
|                |                 |             |        |             |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M12         | 30 mm  | 3044463     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M12         | 40 mm  | 3044457     |
| Hex Socket Cap | Stainless Steel | M12         | 50 mm  | 3044441     |



ENGLISH

SOCKET HEAD CAP SCREWS DIN 912 / ISO 4762 / ANSI B 18.3.1 M



Head Diameter d2 based on  
Knurled Head

| Thread Size d1         | M36    |        | (M39)  |        | M42    |        | (M45) |       | M48    |        | M56   |       | M64   |       |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Thread Pitch           | 4      |        | 4      |        | 4.5    |        | 4.5   |       | 5      |        | 5.5   |       | 6     |       |
| Thread Length b        | 84     |        | NA     |        | 96     |        | NA    |       | 108    |        | 124   |       | 140   |       |
| Head Dia. d2           | min.   | max.   | min.   | max.   | min.   | max.   | min.  | max.  | min.   | max.   | min.  | max.  | min.  | max.  |
| DIN 912 (1983)         | 53.54  | 54.46  | 57.54  | 58.46  | 62.54  | 63.46  | 66.54 | 67.46 | 71.54  | 72.46  | 83.46 | 84.54 | 95.46 | 96.54 |
| ISO 4762 (1997)        | 53.54  | 54.46  |        |        | 62.54  | 63.46  |       |       | 71.54  | 72.46  | 83.46 | 84.54 | 95.46 | 96.54 |
| ANSI B 18.3.1 M (1986) | 53.37  | 54.46  |        |        | 62.31  | 63.46  |       |       | 71.27  | 72.46  |       |       |       |       |
| Head Height k          | min.   | max.   | min.   | max.   | min.   | max.   | min.  | max.  | min.   | max.   | min.  | max.  | min.  | max.  |
| DIN 912 (1983)         | 35.38  | 36.00  | 38.38  | 39.00  | 41.38  | 42.00  | 44.38 | 45.00 | 47.38  | 48.00  | 55.26 | 56.00 | 63.26 | 64.00 |
| ISO 4762 (1997)        | 35.38  | 36.00  |        |        | 41.38  | 42.00  |       |       | 47.38  | 48.00  | 55.26 | 56.00 | 63.26 | 64.00 |
| ANSI B 18.3.1 M (1986) | 35.54  | 36.00  |        |        | 41.61  | 42.00  |       |       | 47.58  | 48.00  |       |       |       |       |
| Key Size nominal s     | 27     |        | 27     |        | 32     |        | 32    |       | 36     |        | 41    |       | 46    |       |
|                        | min.   | max.   | min.   | max.   | min.   | max.   | min.  | max.  | min.   | max.   | min.  | max.  | min.  | max.  |
| DIN 912 (1983)         | 27.065 | 27.275 | 27.065 | 27.275 | 32.08  | 32.33  | 32.08 | 32.33 | 36.08  | 36.33  | 41.08 | 41.33 | 46.08 | 46.33 |
| ISO 4762 (1997)        | 27.065 | 27.275 |        |        | 32.08  | 32.33  |       |       | 36.08  | 36.33  | 41.08 | 41.33 | 46.08 | 46.33 |
| ANSI B 18.3.1 M (1986) | 27.065 | 27.319 |        |        | 32.080 | 32.461 |       |       | 36.080 | 36.461 |       |       |       |       |
| Key Engagement t       | min.   |        | min.   |        | min.   |        | min.  |       | min.   |        | min.  |       | min.  |       |
| DIN 912 (1983)         | 19     |        | 22     |        | 24     |        | 24    |       | 28     |        | 34    |       | 38    |       |
| ISO 4762 (1997)        | 19     |        |        |        | 24     |        |       |       | 28     |        | 34    |       | 38    |       |
| ANSI B 18.3.1 M (1986) | 18     |        |        |        | 21     |        |       |       | 24     |        |       |       |       |       |

| Thread Size d1     | M72    |        | M80    |        | M90    |        | M100   |        |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Thread Pitch       | 6      |        | 6      |        | 6      |        | 6      |        |
| Thread Length b    | 156    |        | 172    |        | 192    |        | 212    |        |
| Head Dia. d2       | min.   | max.   | min.   | max.   | min.   | max.   | min.   | max.   |
| DIN 912 (1983)     | 107.46 | 108.54 | 119.46 | 120.54 | 134.37 | 135.63 | 149.37 | 150.63 |
| Head Height k      | min.   | max.   | min.   | max.   | min.   | max.   | min.   | max.   |
| DIN 912 (1983)     | 71.26  | 72.00  | 79.26  | 80.00  | 89.13  | 90.00  | 99.13  | 100.00 |
| Key Size nominal s | 55     |        | 65     |        | 75     |        | 85     |        |
|                    | min.   | max.   | min.   | max.   | min.   | max.   | min.   | max.   |
| DIN 912 (1983)     | 55.10  | 55.40  | 65.10  | 65.40  | 75.10  | 75.40  | 85.12  | 85.47  |
| Key Engagement t   | min.   |        | min.   |        | min.   |        | min.   |        |
| DIN 912 (1983)     | 43     |        | 48     |        | 54     |        | 60     |        |

| Property Class          | 12.9       |      | 8.8 & 10.9 |      | 8.8 & 16mm |      | 10.9       |      | A2 /A4-50 |      | A2 /A4-70  |      | A2 /A4-80  |      |
|-------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|-----------|------|------------|------|------------|------|
| Tensile Strength        | 176900 psi |      | 116000 psi |      | 120350 psi |      | 150800 psi |      | 72500 psi |      | 101500 psi |      | 116000 psi |      |
| Yield Strength          | 159500 psi |      | 92800 psi  |      | 95700 psi  |      | 136300 psi |      | 30450 psi |      | 65250 psi  |      | 87000 psi  |      |
| Rockwell Hardness (HRC) | min.       | max. | min.       | max. | min.       | max. | min.       | max. | min.      | max. | min.       | max. | min.       | max. |
|                         | 39         | 44   | 22         | 32   | 23         | 34   | 32         | 39   | NA        | NA   | NA         | NA   | NA         | NA   |

| Property Class   | Steel         | Steel      | Stainless Steel |
|------------------|---------------|------------|-----------------|
|                  | 12.9          | 8.8 & 10.9 | A2 & A4         |
| Finish           | Furnace Black |            | Plain           |
| Thread Tolerance | 5g6g          |            | 6g              |

Dimensions & Lengths With ( ) are not recommended for new design.

M1.4, 2.6, 39 and 45 are no longer included in DIN 912.

M1.4, 2.6, 18, 22, 27, 33, 39, and 45 are no longer included in ISO 4762.

The basic difference between DIN 912-12.9 (1983) / ISO 4762-12.9 (1997) and ANSI B 18.3.M (1986) is both DIN and ISO have a thread tolerance of 5g6g, while ANSI has a thread tolerance of 4g6g, which may not be readily available on a worldwide basis.

ANSI B 18.3.1 M is only available in Property Class 12.9.

For More Detailed Information, Please Refer To Complete DIN, ISO, or ANSI Standard, Which Are The Governing Standards.

DIN 912 (1983) / ISO 4762 (1997) / ANSI B 18.3.1M (1982) - LGF 05/01/08

See Next Page For Additional Information



# Clear

Photopolymer Resin for Form 1+ and Form 2

## **FLGPCLO3 MATERIAL PROPERTIES**

Prepared: 04/19/2016

To the best of our knowledge the information contained herein is accurate. However, Formlabs, Inc. makes no warranty, expressed or implied regarding the accuracy of these results to be obtained from the use thereof.

Formlabs Clear Resin produces strong plastic parts ideal for a wide variety of applications and is specifically designed to work with your Form 2 or Form 1+ 3D Printer. This material can be easily painted, and when the surface is finished or coated, produces a highly clear part. Upon post-cure, tensile strength and stiffness exceeds that of injection-molded or 3D-printed ABS.

The following material properties are comparable for all our Standard Resins, White, Grey, and Black.

|                                 | METRIC <sup>1</sup> |                        | IMPERIAL <sup>1</sup> |                        | METHOD        |
|---------------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|---------------|
|                                 | Green <sup>2</sup>  | Postcured <sup>3</sup> | Green <sup>2</sup>    | Postcured <sup>3</sup> |               |
| <b>Tensile Properties</b>       |                     |                        |                       |                        |               |
| Ultimate Tensile Strength       | 38 MPa              | 65 MPa                 | 5510 psi              | 9380 psi               | ASTM D 638-10 |
| Young's Modulus                 | 1.6 GPa             | 2.8 GPa                | 234 ksi               | 402 ksi                | ASTM D 638-10 |
| Elongation at Failure           | 12%                 | 6.2%                   | 12%                   | 6.2%                   | ASTM D 638-10 |
| <b>Flexural Properties</b>      |                     |                        |                       |                        |               |
| Flexural Modulus                | 1.25 GPa            | 2.2 GPa                | 181 ksi               | 320 ksi                | ASTM C 790-10 |
| <b>Impact Properties</b>        |                     |                        |                       |                        |               |
| Notched IZOD                    | 16 J/m              | 25 J/m                 | 0.3 ft-lbf/in         | 0.46 ft-lbf/in         | ASTM D 256-10 |
| <b>Temperature Properties</b>   |                     |                        |                       |                        |               |
| Heat deflection temp. @ 264 psi | 42.7 °C             | 58.4 °C                | 108.9 °F              | 137.1 °F               | ASTM D 648-07 |
| Heat deflection temp. @ 66 psi  | 49.7 °C             | 73.1 °C                | 121.5 °F              | 163.6 °F               | ASTM D 648-07 |

#### NOTES:

<sup>1</sup>Material properties can vary with part geometry, print orientation, print settings and temperature.

<sup>2</sup>Data was obtained from green parts, printed using Form 2, 100 µm, Clear settings, without additional treatments.

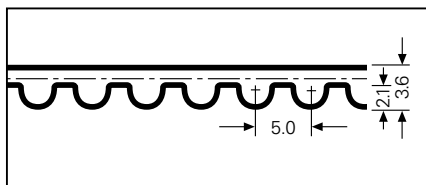
<sup>3</sup> Data was obtained from parts printed using Form 2, 100 µm, Clear settings and post-cured with 1.25 mW/cm<sup>2</sup> of 405 nm LED light at 60 °C for 60 minutes.



## SOLVENT COMPATIBILITY

Percent weight gain over 24 hours for a printed and post-cured 1 x 1 x 1 cm cube immersed in respective solvent:

| Mechanical Properties               | 24 HR WEIGHT GAIN (%) |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Acetic Acid, 5 %                    | < 1                   |
| Acetone                             | sample cracked        |
| Isopropyl Alcohol                   | < 1                   |
| Bleach, ~5 % NaOCl                  | < 1                   |
| Butyl Acetate                       | < 1                   |
| Diesel                              | < 1                   |
| Diethyl glycol monomethyl ether     | 1.7                   |
| Hydraulic Oil                       | < 1                   |
| Skydrol 5                           | 1                     |
| Hydrogen Peroxide (3 %)             | < 1                   |
| Isooctane                           | < 1                   |
| Mineral Oil, light                  | < 1                   |
| Mineral Oil, heavy                  | < 1                   |
| Salt Water (3.5 % NaCl)             | < 1                   |
| Sodium hydroxide (0.025 %, pH = 10) | < 1                   |
| Water                               | < 1                   |
| Xylene                              | < 1                   |
| Strong Acid (HCl Conc)              | distorted             |



## Tooth Profile HTD 5M

### Standard lengths

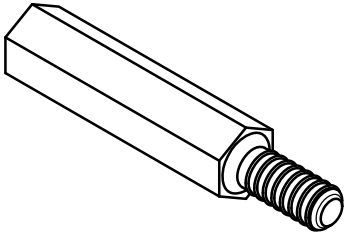
Table 2

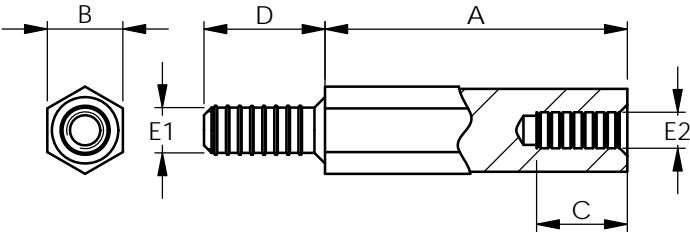
| Designation | Pitch length $L_w$ (mm) | No. of teeth $z$ |
|-------------|-------------------------|------------------|
| 225 – 5M*   | 225                     | 45               |
| 265 – 5M*   | 265                     | 53               |
| 275 – 5M    | 275                     | 55               |
| 295 – 5M*   | 295                     | 59               |
| 300 – 5M    | 300                     | 60               |
| 330 – 5M    | 330                     | 66               |
| 350 – 5M    | 350                     | 70               |
| 375 – 5M    | 375                     | 75               |
| 400 – 5M    | 400                     | 80               |
| 425 – 5M    | 425                     | 85               |
| 450 – 5M    | 450                     | 90               |
| 460 – 5M    | 460                     | 92               |
| 475 – 5M    | 475                     | 95               |
| 500 – 5M    | 500                     | 100              |
| 525 – 5M*   | 525                     | 105              |
| 535 – 5M    | 535                     | 107              |
| 550 – 5M    | 550                     | 110              |
| 565 – 5M    | 565                     | 113              |
| 600 – 5M    | 600                     | 120              |
| 615 – 5M    | 615                     | 123              |
| 620 – 5M    | 620                     | 124              |
| 630 – 5M    | 630                     | 126              |
| 635 – 5M    | 635                     | 127              |
| 665 – 5M    | 665                     | 133              |
| 700 – 5M    | 700                     | 140              |
| 710 – 5M    | 710                     | 142              |
| 740 – 5M    | 740                     | 148              |
| 755 – 5M    | 755                     | 151              |
| 800 – 5M    | 800                     | 160              |
| 835 – 5M    | 835                     | 167              |
| 890 – 5M    | 890                     | 178              |
| 900 – 5M    | 900                     | 180              |
| 925 – 5M    | 925                     | 185              |
| 950 – 5M    | 950                     | 190              |
| 1000 – 5M   | 1000                    | 200              |
| 1050 – 5M   | 1050                    | 210              |
| 1125 – 5M   | 1125                    | 225              |
| 1200 – 5M   | 1200                    | 240              |
| 1270 – 5M   | 1270                    | 254              |
| 1420 – 5M   | 1420                    | 284              |
| 1500 – 5M   | 1500                    | 300              |
| 2000 – 5M   | 2000                    | 400              |

\*Non-stock items, delivery on request.

Standard widths: 9, 15, 25 mm; intermediate widths on request.

| A       |              |  |  |  | B  |   |    |      |         | C            |  |  |  |         | D            |     |   |   |    | E            |   |   |         |    | F |   |    |    |    |  |  |  |
|---------|--------------|--|--|--|----|---|----|------|---------|--------------|--|--|--|---------|--------------|-----|---|---|----|--------------|---|---|---------|----|---|---|----|----|----|--|--|--|
| PART No |              |  |  |  | A  | B | C  | D    | E1 = E2 |              |  |  |  | PART No |              |     |   |   | A  | B            | C | D | E1 = E2 |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
| 1       | 304105040050 |  |  |  | 5  | 4 | 3  | 6    | M2      | 304305040050 |  |  |  | 5       | 6            | 5.5 | 3 | 8 | 6  | 304408040050 |   |   |         | 8  | 7 | 8 | 10 | 10 | M4 |  |  |  |
|         | 304108040050 |  |  |  | 8  |   | 4  |      |         | 304305140050 |  |  |  | 5       |              |     |   |   |    | 304410040050 |   |   |         | 10 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304110040050 |  |  |  | 10 |   | 6  |      |         | 304305240050 |  |  |  | 6       |              |     |   |   |    | 304412040050 |   |   |         | 12 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304112040050 |  |  |  | 12 |   |    |      |         | 304306040050 |  |  |  | 5       |              |     |   |   |    | 304415040050 |   |   |         | 15 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304115040050 |  |  |  | 15 |   |    |      |         | 304306140050 |  |  |  | 6       |              |     |   |   |    | 304418040050 |   |   |         | 18 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304118040050 |  |  |  | 18 |   | 3  |      |         | 304306240050 |  |  |  | 5.5     |              |     |   |   |    | 304420040050 |   |   |         | 20 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304120040050 |  |  |  | 20 |   |    |      |         | 304307040050 |  |  |  | 7       |              |     |   |   |    | 304425040050 |   |   |         | 25 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304125040050 |  |  |  | 25 |   |    |      |         | 304308040050 |  |  |  | 8       |              |     |   |   |    | 304430040050 |   |   |         | 30 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304130040050 |  |  |  | 30 |   | 4  |      |         | 304308140050 |  |  |  | 8       |              |     |   |   |    | 304435040050 |   |   |         | 35 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304205040050 |  |  |  | 5  |   |    |      |         | 304308240050 |  |  |  | 9       |              |     |   |   |    | 304440040050 |   |   |         | 40 |   |   |    |    |    |  |  |  |
| 2       | 304206040050 |  |  |  | 6  | 5 | 6  | M2.5 |         | 304309040050 |  |  |  | 10      |              |     |   |   |    | 304445040050 |   |   |         | 45 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304207040050 |  |  |  | 7  |   |    |      |         | 304310040050 |  |  |  | 11      |              |     |   |   |    | 304450040050 |   |   |         | 50 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304208040050 |  |  |  | 8  |   |    |      |         | 304310140050 |  |  |  | 12      |              |     |   |   |    | 304460040050 |   |   |         | 60 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304210040050 |  |  |  | 10 |   | 6  |      |         | 304310240050 |  |  |  | 10      |              |     |   |   |    | 304470040050 |   |   |         | 70 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304211040050 |  |  |  | 11 |   |    |      |         | 304311040050 |  |  |  | 11      |              |     |   |   |    | 304510040050 |   |   |         | 10 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304212040050 |  |  |  | 12 |   |    |      |         | 304312040050 |  |  |  | 12      |              |     |   |   |    | 304512040050 |   |   |         | 12 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304215040050 |  |  |  | 15 |   | 6  |      |         | 304312140050 |  |  |  | 12      |              |     |   |   |    | 304515040050 |   |   |         | 15 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304218040050 |  |  |  | 18 |   |    |      |         | 304312240050 |  |  |  | 13      |              |     |   |   |    | 304518040050 |   |   |         | 18 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304220040050 |  |  |  | 20 |   |    |      |         | 304313040050 |  |  |  | 13      |              |     |   |   |    | 304520040050 |   |   |         | 20 |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         | 304225040050 |  |  |  | 25 |   | 5  |      |         | 304313140050 |  |  |  | 14      |              |     |   |   |    | 304525040050 |   |   |         | 25 |   |   |    |    |    |  |  |  |
| 3       | 304230040050 |  |  |  | 30 |   |    |      |         | 304314040050 |  |  |  | 14      | 304530040050 |     |   |   | 30 |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   | M3 |      |         | 304315040050 |  |  |  | 15      | 304535040050 |     |   |   | 35 |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304315140050 |  |  |  | 15      | 304540040050 |     |   |   | 40 |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304315240050 |  |  |  | 16      | 304545040050 |     |   |   | 45 |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304316040050 |  |  |  | 16      | 304550040050 |     |   |   | 50 |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304317040050 |  |  |  | 17      | 304560040050 |     |   |   | 60 |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304318040050 |  |  |  | 18      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304318140050 |  |  |  | 18      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304318240050 |  |  |  | 20      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304320040050 |  |  |  | 20      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304320140050 |  |  |  | 20      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
| 4       |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304320240050 |  |  |  | 25      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304325040050 |  |  |  | 25      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304325140050 |  |  |  | 25      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304325240050 |  |  |  | 25      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304330040050 |  |  |  | 30      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304330140050 |  |  |  | 30      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304330240050 |  |  |  | 30      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304335040050 |  |  |  | 35      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304335140050 |  |  |  | 35      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |
|         |              |  |  |  |    |   |    |      |         | 304335240050 |  |  |  | 35      |              |     |   |   |    |              |   |   |         |    |   |   |    |    |    |  |  |  |





|      |                    |          |     |
|------|--------------------|----------|-----|
| 02   | CO2011264          | 07/06/12 | SF  |
| 01   | PRODUCTION RELEASE | 23/04/12 | SF  |
| REV. | MODIFICATION.      | DATE     | DRN |

| A            |  |  |  |  | B   |   |     |   |       | C |    |  |  |         | D            |  |  |  |   | E  |   |   |       |    | F  |  |  |  |  |
|--------------|--|--|--|--|-----|---|-----|---|-------|---|----|--|--|---------|--------------|--|--|--|---|----|---|---|-------|----|----|--|--|--|--|
| PART No      |  |  |  |  | A   | B | C   | D | E1=E2 |   |    |  |  | PART No |              |  |  |  | A | B  | C | D | E1=E2 |    |    |  |  |  |  |
| 304305040050 |  |  |  |  | 5   | 6 | 5.5 | 3 | 8     | 6 | M3 |  |  |         | 304408040050 |  |  |  |   | 8  | 7 | 8 | 10    | 10 | M4 |  |  |  |  |
| 304305140050 |  |  |  |  | 5   |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304410040050 |  |  |  |   | 10 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304305240050 |  |  |  |  | 6   |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304412040050 |  |  |  |   | 12 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304306040050 |  |  |  |  | 5   |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304415040050 |  |  |  |   | 15 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304306140050 |  |  |  |  | 6   |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304418040050 |  |  |  |   | 18 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304306240050 |  |  |  |  | 5.5 |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304420040050 |  |  |  |   | 20 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304307040050 |  |  |  |  | 7   |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304425040050 |  |  |  |   | 25 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304308040050 |  |  |  |  | 8   |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304430040050 |  |  |  |   | 30 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304308140050 |  |  |  |  | 8   |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304435040050 |  |  |  |   | 35 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304308240050 |  |  |  |  | 9   |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304440040050 |  |  |  |   | 40 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304309040050 |  |  |  |  | 9   |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304445040050 |  |  |  |   | 45 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304310040050 |  |  |  |  | 10  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304450040050 |  |  |  |   | 50 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304310140050 |  |  |  |  | 10  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304460040050 |  |  |  |   | 60 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304310240050 |  |  |  |  | 10  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304470040050 |  |  |  |   | 70 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304311040050 |  |  |  |  | 11  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304510040050 |  |  |  |   | 10 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304312040050 |  |  |  |  | 12  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304512040050 |  |  |  |   | 12 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304312140050 |  |  |  |  | 12  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304515040050 |  |  |  |   | 15 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304312240050 |  |  |  |  | 12  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304518040050 |  |  |  |   | 18 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304313040050 |  |  |  |  | 13  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304520040050 |  |  |  |   | 20 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304313140050 |  |  |  |  | 13  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304525040050 |  |  |  |   | 25 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304314040050 |  |  |  |  | 14  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304530040050 |  |  |  |   | 30 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304315040050 |  |  |  |  | 14  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304535040050 |  |  |  |   | 35 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304315140050 |  |  |  |  | 15  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304540040050 |  |  |  |   | 40 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304315240050 |  |  |  |  | 15  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304545040050 |  |  |  |   | 45 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304316040050 |  |  |  |  | 16  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304550040050 |  |  |  |   | 50 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304317040050 |  |  |  |  | 17  |   |     |   |       |   |    |  |  |         | 304560040050 |  |  |  |   | 60 |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304318040050 |  |  |  |  | 17  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304318140050 |  |  |  |  | 18  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304318240050 |  |  |  |  | 18  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304320040050 |  |  |  |  | 20  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304320140050 |  |  |  |  | 20  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304320240050 |  |  |  |  | 20  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304325040050 |  |  |  |  | 25  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304325140050 |  |  |  |  | 25  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304325240050 |  |  |  |  | 25  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304330040050 |  |  |  |  | 25  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304330140050 |  |  |  |  | 30  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304330240050 |  |  |  |  | 30  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304335040050 |  |  |  |  | 30  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304335140050 |  |  |  |  | 35  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304335240050 |  |  |  |  | 35  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304340040050 |  |  |  |  | 35  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304340140050 |  |  |  |  | 40  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304340240050 |  |  |  |  | 40  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304345040050 |  |  |  |  | 45  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304350040050 |  |  |  |  | 45  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304350140050 |  |  |  |  | 50  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304350240050 |  |  |  |  | 50  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304355040050 |  |  |  |  | 55  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304360040050 |  |  |  |  | 55  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |
| 304360140050 |  |  |  |  | 60  |   |     |   |       |   |    |  |  |         |              |  |  |  |   |    |   |   |       |    |    |  |  |  |  |

INFORMATION CONTAINED IN THIS DOCUMENT IS CONFIDENTIAL TO RICHCO INTERNATIONAL Co. Ltd. AND MAY NOT BE DISCLOSED OR REPRODUCED IN WHOLE OR PART WITHOUT THEIR WRITTEN CONSENT.

**RICHCO, INC.**  
WWW.RICHCO-INC.COM

ALL DIMENSIONS IN mm  
GENERAL TOLERANCES ±0.25  
UNLESS OTHERWISE STATED  
1 DECIMAL PLACE ±  
2 DECIMAL PLACES ±  
ANGULAR ±1°

THIRD  
ANGLE

MATERIAL: BRASS (RMS-260)  
NICKLE PLATING (RMS-234)

COLOUR:

DESCRIPTION:  
HEXAGONAL BRASS THREADED SPACER

PART No:  
See Table

DRG No:  
012-061

NPR No:  
EU12-0050

SHEET SIZE  
A4

DRN  
SF

DATE  
20/04/12

CHKD  
TC

DATE  
23/04/12

SCALE  
NTS

SHEET No.  
1 OF 1

FORM No. 0143/00

# Timing Pulleys - T5

■ For Timing Belts, see **P.1470** and for Long Timing Belts, see **P.1473**. For Keyless Timing Pulleys, see **P.1439**. For Idlers with Teeth, see **P.1455**.

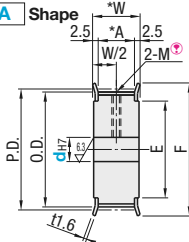
| Type | Belt Width |      |      |      | Material *1         |                  | Surface Treatment          | Accessory Set Screws           |
|------|------------|------|------|------|---------------------|------------------|----------------------------|--------------------------------|
|      | 10mm       | 15mm | 20mm | 25mm | Pulley              | Flange           |                            |                                |
| TTPA | ●          | ●    | ●    | ●    | 2000 Aluminum Alloy | Aluminum Alloy   | Clear Anodize              | EN 1.4301 Equiv.               |
| TTPB | ●          | ●    | ●    | ●    |                     |                  | Black Anodize              |                                |
| TTPK | ●          | ●    | ●    | ●    |                     |                  | Hard Clear Anodize *2      |                                |
| TPPN | ●          | ●    | ●    | ●    |                     |                  | Electroless Nickel Plating |                                |
| TTPT | ●          | ●    | ●    | ●    | EN 1.1191 Equiv.    | EN 1.0330 Equiv. | -                          | EN 1.7220 Equiv. (Black Oxide) |
| TTPM | ●          | ●    | ●    | ●    |                     |                  | Black Oxide                |                                |
| TTPP | ●          | ●    | ●    | ●    |                     |                  | Electroless Nickel Plating |                                |

\*1 Flange is installed, and set screws are included with Shaft Bores P, N and C. \*1. The above material and accessory might be changed to the ones equivalent to the originals.  
\*2. Hard Clear Anodize: Film Hardness 300HV ~

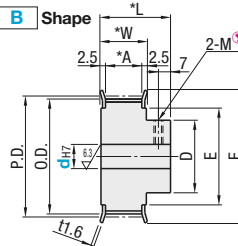
RoHS

## Pulley Shape

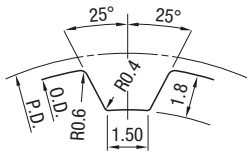
A Shape



B Shape



## Standard Tooth Profile



Tooth groove dimensions slightly vary according to the number of teeth.  
(Pitch: 5.0mm)

⚠ Shaft Bore Specs. H (Round hole), V or F (Stepped Hole) and Y (Both Sides Stepped Hole) do not have tapped holes.

## Tapped Hole Dimensions (Shaft Bore Specs.: P, N, C)

| dH7 Shaft Bore I.D. | M (Coarse) | Accessory: Set Screw |
|---------------------|------------|----------------------|
| 5                   | M3         | M3x3                 |
| 6~12                | M4         | M4x3                 |
| 13~17               | M5         | M5x4                 |
| 18~30               | M6         | M6x5                 |
| 31~45               | M8         | M8x6                 |

## Number of Teeth / Dimension

| mm   | Number of Teeth |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P.D. | 12              | 14    | 15    | 16    | 18    | 20    | 22    | 24    | 25    | 26    | 28    | 30    | 32    | 34    | 36    | 40    |
| O.D. | 18.25           | 21.45 | 23.87 | 25.46 | 28.65 | 31.83 | 35.01 | 38.20 | 39.79 | 41.38 | 44.56 | 47.75 | 50.93 | 54.11 | 57.30 | 63.66 |
| D    | -               | 14    | 15    | 17    | 19    | 19    | 24    | 27    | 27    | 31    | 32    | 33    | 37    | 40    | 40    | 47    |
| F    | 24              | 26    | 28    | 32    | 33    | 36    | 40    | 45    | 45    | 48    | 48    | 52    | 55    | 61    | 61    | 67    |
| E    | 12              | 16    | 18    | 20    | 22    | 24    | 27    | 30    | 30    | 35    | 35    | 36    | 40    | 45    | 45    | 50    |

## Belt Nominal Width / Dimension

| mm | Nominal |       |       |       |
|----|---------|-------|-------|-------|
|    | T5100   | T5150 | T5200 | T5250 |
| A  | 11      | 17    | 22    | 27    |
| W  | 16      | 22    | 27    | 32    |
| L  | 28      | 34    | 39    | 44    |

## Shaft Bore Specs.

⚠ Surface treatment may not be applied to shaft bores.

H Round Hole

P Round Hole + Tap

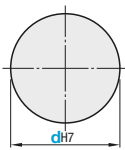
N New JIS Keywayed Bore + Tap

C Old JIS Keywayed Bore + Tap

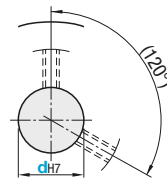
V Stepped Hole

F Stepped Hole

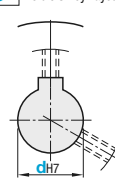
Y Both Ends Stepped Hole



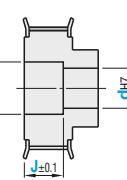
⚠ No tapped holes or set screws.



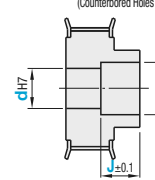
⚠ For A-Shape pulley, the screw holes are set at around 120° to keep away from peaks.



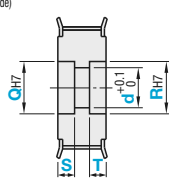
⚠ For Keyway Dimension Details, see P.1377. When selecting the shaft bore dia. 10 and the keyway width 4.0mm (height 1.8mm) for New JIS Keywayed Bore, specify **NK10**.



⚠ No tapped holes or set screws.



⚠ Applicable to Shape B only.  
⚠ No tapped holes or set screws.



⚠ Applicable to Shape A only.  
⚠ Shaft Bore Dia. d is +0.1 / 0  
⚠ No tapped holes or set screws.

| Part Number |                 | Pulley Shape       |              |   |                    |                     |                |                   |                  |                    |                     |   |                   |                  |                    |                     |                |
|-------------|-----------------|--------------------|--------------|---|--------------------|---------------------|----------------|-------------------|------------------|--------------------|---------------------|---|-------------------|------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| Type        | Number of Teeth | Type Nominal Shape | Pulley Shape | A Shaft Bore Specifications (-): Specify in 1mm Increment, (,): Select the former or latter |                    |                     |                |                   |                  |                    |                     | B Shaft Bore Specifications (-): Specify in 1mm Increment, (,): Select the former or latter |                   |                  |                    |                     |                |
|             |                 |                    |              | H Round Hole  | P Round Hole + Tap | N, C Keyway + Tap   | V Stepped Hole | Both Ends Stepped | H Round Hole     | P Round Hole + Tap | N, C Keyway + Tap   | V Stepped Hole  | Both Ends Stepped | H Round Hole     | P Round Hole + Tap | N, C Keyway + Tap   | V Stepped Hole |
| Aluminum    | 12              | T5100              | A            | 5, 6, 6.35, 7, 8  | 5, 6, 6.35, 7, 8   | 8                   | -              | -                 | -                | -                  | -                   | -   | -                 | -                | -                  | -                   | -              |
|             | 14              |                    |              | 5, 6, 6.35, 7~10  | 5, 6, 6.35, 7~10   | 8, 10, NK10         | 5, 6           | 7, 8              | 5, 6, 6.35, 7~10 | 5, 6, 6.35, 7, 8   | -                   | 5, 6  | 7, 8              | 5, 6, 6.35, 7~10 | 5, 6, 6.35, 7, 8   | -                   | 5, 6           |
|             | 15              |                    |              | 5, 6, 6.35, 7~10  | 5, 6, 6.35, 7~10   | 8, 10, NK10         | 5~8            | 7~10              | 5, 6, 6.35, 7~10 | 5, 6, 6.35, 7, 8   | -                   | 5~8   | 7~10              | 5, 6, 6.35, 7~10 | 5, 6, 6.35, 7, 8   | -                   | 5~8            |
|             | 16              |                    |              | 6, 6.35, 7~12   | 6, 6.35, 7~12      | 8, 10, NK10, 11, 12 | 6~10           | 8~12              | 6, 6.35, 7~12    | 6, 6.35, 7~10      | 8                   | 6~10  | 8~12              | 6, 6.35, 7~12    | 6, 6.35, 7~10      | 8                   | 6~10           |
|             | 18              |                    |              | 6, 6.35, 7~14   | 6, 6.35, 7~12      | 8, 10, NK10, 11, 12 | 6~12           | 8~14              | 6, 6.35, 7~14    | 6, 6.35, 7~11      | 8, 10, NK10         | 6~12  | 8~14              | 6, 6.35, 7~14    | 6, 6.35, 7~11      | 8, 10, NK10         | 6~12           |
|             | 20              | T5150              | A            | 6, 6.35, 7~16   | 6, 6.35, 7~16      | 8, 10, NK10, 11~16  | 6~14           | 8~16              | 6, 6.35, 7~15    | 6, 6.35, 7~12      | 8, 10, NK10         | 6~13  | 8~15              | 6, 6.35, 7~15    | 6, 6.35, 7~12      | 8, 10, NK10         | 6~13           |
|             | 22              |                    |              | 7~19  | 7~18               | 8, 10, NK10, 11~18  | 7~17           | 9~19              | 7~19             | 7~15               | 8, 10, NK10, 11, 12 | 7~17  | 9~19              | 7~19             | 7~15               | 8, 10, NK10, 11, 12 | 7~17           |
|             | 24              |                    |              | 7~22  | 7~20               | 8, 10, NK10, 11~20  | 7~20           | 9~23              | 7~22             | 7~17               | 8, 10, NK10, 11~13  | 7~20  | 9~23              | 7~22             | 7~17               | 8, 10, NK10, 11~13  | 7~20           |
|             | 25              |                    |              | 7~22  | 7~20               | 8, 10, NK10, 11~20  | 7~20           | 9~23              | 7~22             | 7~18               | 8, 10, NK10, 11~15  | 7~20  | 9~23              | 7~22             | 7~18               | 8, 10, NK10, 11~15  | 7~20           |
|             | 26              |                    |              | 8~27  | 8~22               | 8, 10, NK10, 11~22  | 8~25           | 10~27             | 8~27             | 8~21               | 8, 10, NK10, 11~17  | 8~25  | 10~27             | 8~27             | 8~21               | 8, 10, NK10, 11~17  | 8~25           |
| Steel       | 28              | T5200              | A            | 8~27  | 8~24               | 8, 10, NK10, 11~24  | 8~25           | 10~27             | 8~27             | 8~22               | 8, 10, NK10, 11~18  | 8~25  | 10~27             | 8~27             | 8~22               | 8, 10, NK10, 11~18  | 8~25           |
|             | 30              |                    |              | 10~28   | 10~26              | 8, 10, NK10, 11~26  | 10~26          | 12~28             | 10~28            | 10~23              | 10, NK10, 11~18     | 10~26   | 12~30             | 10~28            | 10~23              | 10, NK10, 11~18     | 10~26          |
|             | 32              |                    |              | 10~32   | 10~28              | 8, 10, NK10, 11~28  | 10~30          | 12~32             | 10~32            | 10~27              | 10, NK10, 11~22     | 10~30   | 12~35             | 10~32            | 10~27              | 10, NK10, 11~22     | 10~30          |
|             | 34              |                    |              | 10~37   | 10~30              | 10, NK10, 11~30     | 10~35          | 12~37             | 10~36            | 10~30              | 10, NK10, 11~25     | 10~34   | 12~36             | 10~36            | 10~30              | 10, NK10, 11~25     | 10~34          |
|             | 36              |                    |              | 10~37   | 10~30              | 10, NK10, 11~30     | 10~35          | 12~37             | 10~36            | 10~30              | 10, NK10, 11~25     | 10~34   | 12~36             | 10~36            | 10~30              | 10, NK10, 11~25     | 10~34          |
|             | 40              | T5250              | B            | 10~42   | 10~38              | 10, NK10, 11~38     | 10~40          | 12~42             | 10~40            | 10~37              | 10, NK10, 11~29     | 10~40   | 12~42             | 10~42            | 10~37              | 10, NK10, 11~29     | 10~40          |
|             | 44              |                    |              | 12~50   | 12~42              | 12~40               | 12~48          | 14~50             | 12~48            | 12~40              | 12~32               | 12~44   | 14~46             | 12~46            | 12~40              | 12~32               | 12~44          |
|             | 48              |                    |              | 12~55   | 12~45              | 12~40               | 12~53          | 14~55             | 12~53            | 12~45              | 12~40               | 12~53   | 14~55             | 12~55            | 12~45              | 12~40               | 12~53          |
|             | 50              |                    |              | 12~59   | 12~45              | 12~43               | 12~57          | 14~59             | 12~57            | 12~45              | 12~43               | 12~57   | 14~59             | 12~59            | 12~45              | 12~43               | 12~57          |
|             | 60              |                    |              | 12~72   | 12~45              | 12~45               | 12~70          | 14~72             | 12~70            | 12~45              | 12~45               | 12~69   | 14~71             | 12~71            | 12~45              | 12~45               | 12~69          |

⚠ Shaft Bore Dia. 8, 11, 13, 14, 17, 21~45 are not available for Shaft Bore Spec. C.



Ordering Example

(Shaft Bore Specs.: H, P, N, C)

(Shaft Bore Specs.: V, F)

(Shaft Bore Specs.: Y)

Part Number

Pulley Shape

Shaft Bore Specs., I.D.

Z

J

Q

R

S

T

TTPA18T5100

A

NK10

TTPA30T5200

A

V10

Z23

J16.0

TTPA48T5150

A

Y25

Q42

R37

S9

T7

**ENGLISH**

## Datasheet Expansion Inserts



- Use in drilled or moulded-in holes
- Install by simple press or hammer-in methods
- Available with flush head, or flange head

| Stock No. | Material | Thread Size | Fixing Hole Diameter | Body Outside Diameter | Body Depth | Thickness of Material Minimum | Mounting Depth |
|-----------|----------|-------------|----------------------|-----------------------|------------|-------------------------------|----------------|
| 278-534   | Brass    | M3          | 4 mm                 | 4.22 mm               | 4.78mm     | 6.7 mm                        | Flush          |
| 278-540   | Brass    | M3.5        | 4.8 mm               | 5.06 mm               | 6.35mm     | 8.4 mm                        | Flush          |
| 278-556   | Brass    | M4          | 5.6 mm               | 5.64 mm               | 7.95mm     | 10.2 mm                       | Flush          |
| 278-562   | Brass    | M5          | 6.4 mm               | 6.65 mm               | 9.35mm     | 12.2 mm                       | Flush          |
| 278-578   | Brass    | M6          | 8 mm                 | 8.26 mm               | 12.7mm     | 16 mm                         | Flush          |
| 278-584   | Brass    | M3          | 4 mm                 | 4.22 mm               | 4.78mm     | 6.2 mm                        | Flush          |
| 278-590   | Brass    | M3.5        | 4.8 mm               | 5.06 mm               | 6.35mm     | 7.8 mm                        | Flush          |
| 278-607   | Brass    | M4          | 5.6 mm               | 5.64 mm               | 7.95mm     | 9.4 mm                        | Flush          |
| 278-613   | Brass    | M5          | 6.4 mm               | 6.65 mm               | 9.53mm     | 11.2 mm                       | Flush          |
| 278-629   | Brass    | M6          | 8 mm                 | 8.26 mm               | 12.7mm     | 14.8 mm                       | Flush          |

**STRATASYS®**

# SR-30 Soluble Support

Material Safety Data Sheet

108454-0002

## 1. CHEMICAL PRODUCT & COMPANY IDENTIFICATION

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Product Name               | SR-30 Soluble Support  |
| Chemical Family            | Synthetic thermoplastic polymer  |
| General Use                | Soluble Release Material for Stratasys® Inc. FDM™ modelers             |
| Manufacturer and Address   | Stratasys Inc.<br>7665 Commerce Way<br>Eden Prairie, MN 55344-2080 USA |
| Emergency Telephone Number | +1 952-937-3000  |

## 2. COMPOSITION, INGREDIENT INFORMATION

| COMPONENT  | CAS #      | %       | OSHA/PEL | ACGIH/TLV |
|--|------------|---------|----------|-----------|
| Terpolymer of Methacrylic Acid, Styrene, and Butylacrylate | 25036-16-2 | Mixture | N/E      | N/E       |

N/E = Not Established

This product is not considered hazardous under the criteria of the Federal OSHA Hazard Communication Standard 29 CFR § 1910.1200. This product is not a dangerous material according to EC-Chemical Law.

## 3. HAZARDS IDENTIFICATION

|                    |  |                 |               |         |
|--------------------|--|-----------------|---------------|---------|
| Emergency Overview | <ul style="list-style-type: none"><li>Slight or no odor.</li><li>Spilled material may create slipping hazard.</li><li>Irritating and/or toxic gasses may be generated in case of fire.</li><li>Molten plastic can cause thermal burns.</li></ul> |                 |               |         |
| HMIS Ratings       | Health: 0  | Flammability: 1 | Reactivity: 0 | PPE = B |
| Inhalation         | Vapor and fumes released during thermal processing may cause respiratory tract irritation.   |                 |               |         |
| Eye Contact        | Vapor may cause eye irritation.  |                 |               |         |
| Skin Contact       | Essentially non-irritating to skin.  |                 |               |         |
| Ingestion          | No hazard in normal industrial use.  |                 |               |         |
| Skin Absorption    | No absorption hazard in normal industrial use.   |                 |               |         |



#### 4. EMERGENCY AND FIRST AID MEASURES

|              |  |
|--------------|--|
| Inhalation   | Move to fresh air, if respiratory tract irritation occurs from exposure to fumes.  |
| Skin Contact | Wash with soap and water. For hot product, immediately immerse in or flush affected area with large amounts of cold water to dissipate heat. Cover with clean cotton sheeting or gauze and get prompt medical attention. |
| Eye Contact  | Move to fresh air, if eye irritation occurs from exposure to fumes.  |
| Ingestion    | No hazard in normal industrial use. Harmful effects not anticipated from swallowing small amounts.   |

#### 5. FIRE-FIGHTING MEASURES & EXPLOSION HAZARD DATA

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Fire Fighting Instructions    | Do not enter fire area without proper protection including self-contained breathing apparatus and full protective equipment.   |
| Extinguishing Media           | Water spray, dry powder, carbon dioxide, or foam. Avoid using solid water jet as it may scatter.   |
| Explosion Data                | Avoid static charge creation.  |
| Hazardous Combustion Products | During a fire, smoke may contain the original material in addition to combustion products of varying composition that may be toxic and/or irritating. Combustion products may include and are not limited to the following: carbon monoxide, carbon dioxide. |

#### 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

|                           |  |
|---------------------------|--|
| General                   | Allow molten material to solidify before disposal.   |
| Specific                  | Contain spill. Sweep up material and place in suitable and properly labeled containers for disposal. See section 13, Disposal Information. |
| Environmental Precautions | Although not expected to be environmentally harmful, prevent from entering into soil, waterways, or groundwater.                           |

#### 7. HANDLING & STORAGE

|          |   |
|----------|---|
| Handling | Use good industrial hygiene practices. Provide adequate ventilation.                                |
| Storage  | Store in a cool dry place. Keep containers closed to prevent moisture absorption and contamination. |



## 8. EXPOSURE CONTROLS & PERSONAL PROTECTION

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Exposure Limits             | None established.   |
| Engineering Controls        | Local ventilation is required over open processing equipment to keep concentration of gases that are irritating to the eyes and respiratory tract below recommended values. |
| <b>Personal Protection:</b> |   |
| Skin                        | If there is potential contact with hot/molten material, wear heat resistant clothing, gloves, and footwear.   |

## 9. PHYSICAL & CHEMICAL PROPERTIES

|                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| Physical State               | Pellets          |
| Color                        | Off-White        |
| Odor                         | Odorless to mild |
| Specific Gravity (water = 1) | 1.1              |
| Melting Point                | N/A              |
| Vapor Pressure               | N/A              |
| Ignition Temperature         | > 450 °C         |

## 10. STABILITY & REACTIVITY

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Stability                         | Stable, but avoid elevated temperatures, which can cause product to decompose.   |
| Reactivity                        | Not reactive under recommended conditions of handling, storage, processing, and use.   |
| Thermal Decomposition Temperature | > 290 °C   |
| Hazardous Decomposition Products  | Decomposition products depend on temperature, air supply, and the presence of other materials. Carbon monoxide, hydrocarbon oxidation products including organic acids, aldehydes and alcohol, oxides of nitrogen may be produced. |

## 11. TOXICOLOGICAL DATA

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>ACUTE HEALTH HAZARDS</b>      |  |
| Acute Oral                       | No data available. Not expected to be harmful. |
| Skin Contact                     | No data available. Not expected to be harmful. |
| Eye Contact                      | No data available. Not expected to be harmful. |
| <b>SUBCHRONIC HEALTH HAZARDS</b> |  |
| Subchronic Toxicity              | No data available. Not expected to be harmful. |



**STRATASYS®**

## SR-30 Soluble Support

Material Safety Data Sheet

108454-0002

### 12. ECOLOGICAL INFORMATION

General

No data available. Avoid contamination of soil, surface, and sewage systems.

### 13. DISPOSAL INFORMATION

Waste Disposal

Preferred options for disposal are (1) incineration with energy recovery and (2) landfill. The high fuel value of this product makes option (1) very desirable. Treatment, transportation, and disposal must be in accordance with applicable federal, state, and local regulations.

### 14. TRANSPORT INFORMATION (NOT MEANT TO BE ALL-INCLUSIVE)

ADR/RID (road/rail)

This product is not regulated.

ICAD/IATA (air)

This product is not regulated.

IMD/IMDG (sea)

This product is not regulated.

### 15. REGULATORY INFORMATION (NOT MEANT TO BE ALL-INCLUSIVE)

All components of this product are listed on these chemical inventories: U.S. TSCA, Canadian DSL, EU EINECS, Japanese ENCS, Korean ECL, Australian AICS.

**STRATASYS®**

## SR-30 Soluble Support

Material Safety Data Sheet

108454-0002

### 16. OTHER INFORMATION

THE INFORMATION contained in the PROCEEDING report is based upon current knowledge, our experience with the product, and is not exhaustive. While not guaranteed, the information presented herein was prepared by a competent, technical professional and is true and accurate to the best of our knowledge. The information applies to product as defined by the specifications. If the product is mixed with other substances, the customer must confirm that no new hazards exist. In all cases, the user is not exempt from following all legal, administrative and regulatory procedures relating to the product, personal hygiene, and the integrity of the work environment. Stratasys® shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact and use with the above product.

#### Revision History

| Revision    | Revision Date |
|-------------|---------------|
| 108454-0001 | 09-16-08      |
| 108454-0002 | 04-27-2011    |

**975D SERIES 42mm (45mm motor) PLANETRY (EPICYCLIC) METAL GEARBOX**
**(RE 975 MOTOR)**


**IMPORTANT NOTICE**  
Due to the wide range of applications for this product it is the users responsibility to establish the products suitability for their individual purpose(s).

**RATIOS NOW AVAILABLE AS EX-STOCK ITEMS.**

|          |              |             |
|----------|--------------|-------------|
| 975D41   | (4.5v - 15v) | RATIO 4:1   |
| 975D491  | (4.5v - 15v) | RATIO 49:1  |
| 975D1041 | (4.5v - 15v) | RATIO 104:1 |
| 975D2121 | (4.5v - 15v) | RATIO 212:1 |
| 975D5041 | (4.5v - 15v) | RATIO 504:1 |

Designed for heavy-duty industrial and model applications this robust unit boasts a powerful high quality motor with sintered bronze bearings. The metal gearbox incorporates sleeved bearings, enabling the high torque transfer from the motor to be transmitted through the gearbox.

**MOTOR DATA.**

| MODEL | VOLTAGE         |              | NO LOAD |         | MAX EFFICIENCY |         |         |        |        |     | STALL TORQUE |        |
|-------|-----------------|--------------|---------|---------|----------------|---------|---------|--------|--------|-----|--------------|--------|
|       | OPERATING RANGE | NOMINAL      | SPEED   | CURRENT | SPEED          | CURRENT | TORQUE  |        | OUTPUT | EFF |              | g - cm |
|       |                 |              | R.P.M.  | A       | R.P.M.         | A       | oz - in | g - cm | W      | %   |              |        |
| RE975 | 6.0 - 12.0      | 12v CONSTANT | 7000    | 0.9     | 5700           | 5.5     |         | 700    | 41.3   | 63  |              | 4290   |

**REDUCTION TABLE. R.P.M. (NO LOAD)**

| SUPPLY VOLTAGE |  | 6.0v | 9.0v | 12.0v |
|----------------|--|------|------|-------|
| 975D41         |  | 850  | 1275 | 1750  |
| 975D491        |  | 73   | 110  | 147   |
| 975D1041       |  | 35   | 51   | 67    |
| 975D2121       |  | 10   | 17.5 | 27    |
| 975D5041       |  | 6.5  | 10   | 14    |

| WEIGHT   |      |
|----------|------|
| 975D41   | 541g |
| 975D491  | 625g |
| 975D1041 | 632g |
| 975D2121 | 669g |
| 975D5041 | 683g |

Note: Motor speeds may vary by (+) or (-) 12.5%

**GEARED MOTOR TORQUE RATINGS AT MAX. EFFICIENCY.**

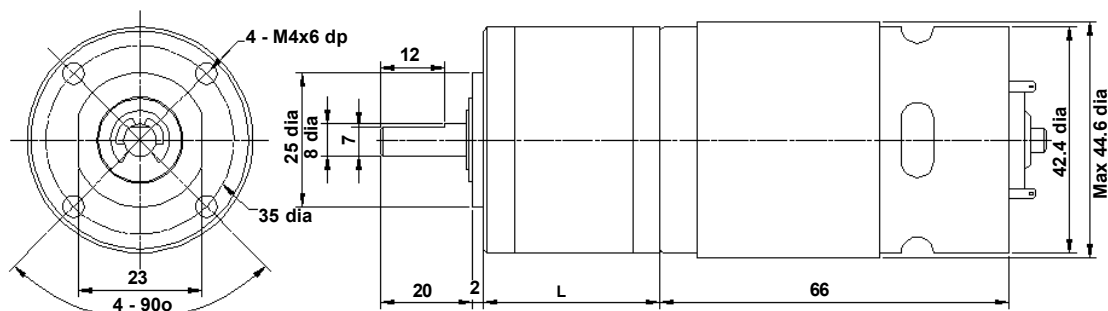
| At 12V (g.cm) |       |
|---------------|-------|
| 4:1           | 2240  |
| 49:1          | 18000 |
| 104:1         | 20000 |
| 212:1         | 25000 |
| 504:1         | 30000 |

NOTE: To establish Torque Rating in Nm, divide g.cm by 10,197.0

**IMPORTANT NOTICE**  
At very low ratios the torque produced by this geared motor combination may exceed the maximum permissible torque of the gearbox. In this situation the unit must not be allowed to stall as this may damage the gears.

## 975D SERIES 42mm (45mm motor) PLANETRY (EPICYCLIC) METAL GEARBOX

### GEARBOX DIMENSION:



|                  | Rated<br>Tolerance<br>Torque. g.cm | Max momentary<br>Tolerance Torque<br>g.cm | Efficiency % |
|------------------|------------------------------------|---|--------------|
| 975D41 (4:1)     | 5,000                              | 15,000                                    | 80           |
| 975D1041 (104:1) | 20,000                             | 60,000                                    | 61           |
| 975D5041 (504:1) | 30,000                             | 90,000                                    | 52           |

| GEARBOX REF.     | L    |
|------------------|------|
| 975D41 (4:1)     | 32.5 |
| 975D491 (49:1)   | 45.9 |
| 975D1041 (104:1) | 45.9 |
| 975D2121 (212:1) | 52.6 |
| 975D5041 (504:1) | 52.6 |

FOR ACCESSORIES TO FIT THIS SERIES GEARBOX, REFER TO 919D SERIES PAGE.

### ADVANTAGES OF PLANETARY GEARBOXES.

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>EFFICIENCY:</b>  | Efficiencies of planetary gearboxes can be above 90% while some other types of transmission can be 50% or less. This allows the use of smaller motors.           |
| <b>SIZE:</b>        | Planetary gearboxes can be half the size of conventional boxes.  |
| <b>WEIGHT:</b>      | Weight savings can be as high as 60%, allowing smaller, lighter support structures.  |
| <b>MAINTENANCE:</b> | Other than routine oil changes, no maintenance is required, eliminating the need to hold spares.   |
| <b>REVERSIBLE:</b>  | Planetary gears can be equally efficient in either direction. This is an advantage for use in running machinery in both clockwise and anti-clockwise directions. |
| <b>COAXIAL:</b>     | The coaxial configuration of input and output shafts allows planetary gears to be installed in line with a motor and a machine.                                  |

Subject to minimum order quantities of 100 units, the following ratios are also available with a six week lead-time. The physical dimensions of these other gearboxes may vary from the data as illustrated above. Details of individual gearboxes are available upon request.

|                               |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Gearbox 14:1 with 975 motor   | Gearbox 17:1 with 975 motor   | Gearbox 24:1 with 975 motor   |
| Gearbox 49:1 with 975 motor   | Gearbox 61:1 with 975 motor   | Gearbox 84:1 with 975 motor   |
| Gearbox 144:1 with 975 motor  | Gearbox 212:1 with 975 motor  | Gearbox 294:1 with 975 motor  |
| Gearbox 624:1 with 975 motor  | Gearbox 720:1 with 975 motor  | Gearbox 864:1 with 975 motor  |
| Gearbox 1062:1 with 975 motor | Gearbox 1470:1 with 975 motor | Gearbox 2500:1 with 975 motor |
| Gearbox 3000:1 with 975 motor | Gearbox 3600:1 with 975 motor |                               |

## A4. Normativa aplicable

## I. DISPOSICIONES GENERALES

### JEFATURA DEL ESTADO

**12327** *Ley 26/2014, de 27 de noviembre, por la que se modifican la Ley 35/2006, de 28 de noviembre, del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas, el texto refundido de la Ley del Impuesto sobre la Renta de no Residentes, aprobado por el Real Decreto Legislativo 5/2004, de 5 de marzo, y otras normas tributarias.*

FELIPE VI

REY DE ESPAÑA

A todos los que la presente vieren y entendieren.

Sabed: Que las Cortes Generales han aprobado y Yo vengo en sancionar la siguiente ley.

#### PREÁMBULO

I

#### Antecedentes

La reforma tributaria del año 1978 supuso la incorporación en nuestro ordenamiento jurídico, mediante la Ley 44/1978, de 8 de septiembre, de un Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas con el que atender principios esenciales como son los de suficiencia, generalidad, progresividad e igualdad. Desde entonces se han efectuado múltiples reformas del Impuesto, entre las que destacan las llevadas a cabo en los años 1991, 1998, 2002 y 2006, hasta configurar el actual Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas.

La crisis económica redujo de forma significativa los ingresos tributarios lo que junto con desviaciones en el gasto, provocó una desviación de tres puntos del objetivo de déficit en 2011. Esta situación obligó al Gobierno a adoptar las medidas necesarias para corregirlo y poder cumplir con el objetivo de estabilidad de las finanzas públicas comprometido con las autoridades comunitarias y recuperar la credibilidad en la sostenibilidad de las cuentas públicas.

La mejora en los indicadores macroeconómicos, y en particular la efectiva rebaja del déficit público como consecuencia de las medidas de consolidación fiscal adoptadas por el Gobierno durante los últimos años, permite abordar en el momento actual una reforma integral de nuestro sistema tributario a través de un conjunto de proyectos legislativos, entre los que destaca de forma significativa la presente Ley de reforma del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas, habida cuenta del papel primordial que este tributo desempeña en dicho sistema.

Con carácter previo, por Acuerdo de Consejo de Ministros de 5 de julio de 2013 se constituyó una Comisión de Expertos para la Reforma del Sistema Tributario Español con la finalidad de revisar el conjunto del sistema tributario y elaborar una propuesta de reforma que permitiera contribuir a la consolidación fiscal del país, así como coadyuvar a la recuperación económica de España y, en particular, a la creación de empleo. El informe resultante de tales trabajos se entregó al Gobierno el pasado 13 de marzo, siendo numerosas las propuestas en él contenidas tomadas en consideración en los diversos proyectos normativos en que se concreta la reforma actual del sistema tributario.

En un escenario económico como el actual resulta prioritario revisar nuestro sistema tributario para mejorar la eficiencia en la asignación de recursos y la neutralidad, lo que estimulará el crecimiento económico, la creación de empleo y la generación de ahorro en una economía globalizada, avanzar en términos de equidad y desarrollo social, con

especial atención a los colectivos que requieren especial protección, como las familias, las personas con discapacidad o los contribuyentes de rentas más bajas, y garantizar tanto la suficiencia financiera para el conjunto de las Administraciones públicas como la generalidad en su cumplimiento.

Asimismo, resulta fundamental reforzar la lucha contra el fraude fiscal en un contexto como el actual donde existe un claro consenso internacional de cara a combatirlo de forma coordinada. Por otra parte, desde el terreno empresarial es importante remarcar que se trata de incrementar la competitividad de la empresa española en el ámbito internacional. Además, con carácter general, se mejora la seguridad jurídica. Todo ello sin olvidar un objetivo primordial para nuestra economía, y para la credibilidad en ella, como es el de la consolidación fiscal, apostando en mayor medida por la estabilidad de los recursos tributarios.

En este marco se integra la reforma del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas y del Impuesto sobre la Renta de no Residentes contenida en la presente Ley, la cual viene acompañada de otros textos normativos que, como ya se ha indicado, conforman una importante reforma del sistema tributario. En particular, se procede a revisar íntegramente el Impuesto sobre Sociedades mediante la aprobación de una nueva Ley, se efectúan relevantes modificaciones en el ámbito de la imposición indirecta, especialmente en el Impuesto sobre el Valor Añadido, y por último, y no por ello menos importante, se revisa y actualiza la Ley General Tributaria.

## II

### Objetivos de la reforma

La reforma planteada mantiene la estructura básica del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas sobre la que se introducen una pluralidad de modificaciones con las que se pretende avanzar en términos de eficiencia, equidad y neutralidad, sin dejar de atender al principio de suficiencia.

El efecto conjunto de tales modificaciones permitirá una reducción generalizada de la carga impositiva soportada por los contribuyentes de este Impuesto, que será especialmente significativa para los perceptores de rendimientos del trabajo o de actividades económicas de renta más baja y para los que soporten mayores cargas familiares, en particular familias numerosas o personas con discapacidad, a la vez que se amplía el umbral de tributación por este Impuesto, medidas todas ellas que posibilitarán un aumento de la renta disponible en manos de los contribuyentes, con los efectos beneficiosos que de ello se derivarán para diversas variables económicas.

Adicionalmente, debe señalarse que por razones de equidad y suficiencia resulta necesario replantearse el tratamiento fiscal de determinadas operaciones o incentivos fiscales que reducían de forma significativa la tributación del Impuesto sin que las razones aducidas para su existencia justifiquen la ruptura del principio de generalidad e igualdad que debe inspirar a cualquier tributo. Las medidas adoptadas en esta materia permiten igualmente avanzar en términos de simplificación y reducción de cargas administrativas.

Por último, se avanza de forma significativa en términos de eficiencia y neutralidad, dotando de una mayor homogeneidad en el tratamiento fiscal de las distintas rentas del ahorro, al tiempo que se estimula su generación.

Los objetivos anteriormente señalados igualmente inspiran las modificaciones efectuadas en el Impuesto sobre la Renta de no Residentes, adecuando su regulación al marco normativo comunitario, y reforzándose tanto la seguridad jurídica como la lucha contra la elusión y el fraude fiscal.

## III

**Contenido de la Ley**

La presente Ley está estructurada en dos capítulos, el primero relativo al Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas y, el segundo, al Impuesto sobre la Renta de no Residentes, una disposición adicional y seis disposiciones finales.

## IV

**Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas**

En el ámbito del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas se adoptan diversas modificaciones que generarán una relevante minoración de la carga tributaria soportada por los contribuyentes, incrementando de esta forma su renta disponible, minoración que será especialmente significativa para los perceptores de rendimientos del trabajo y de actividades económicas, intensificándose para los contribuyentes con menores recursos o con mayores cargas familiares.

Adicionalmente, se adoptan medidas para estimular la generación de ahorro a largo plazo en un marco internacional extraordinariamente competitivo dotando de una mayor neutralidad al tratamiento fiscal de las rentas obtenidas de los distintos bienes en los que se materialice dicho ahorro.

En consecuencia, la familia, los trabajadores por cuenta ajena y propia y el ahorro constituyen los tres pilares vertebradores de la reforma del impuesto.

Ahora bien, al mismo tiempo se adoptan otras medidas de signo contrario, suprimiéndose incentivos fiscales que reducían significativamente la base imponible del impuesto generando una mayor carga tributaria al resto de los contribuyentes para poder hacer efectivo el mandato constitucional de contribución a los gastos públicos.

De esta forma, la reforma del impuesto se integra en una reforma fiscal global respetuosa con el proceso de consolidación fiscal que permitirá seguir cumpliendo los compromisos asumidos por el Reino de España en el programa de estabilidad.

Dentro del conjunto de medidas señaladas en primer lugar, destaca, por su importancia cuantitativa, la nueva tarifa aplicable a la base liquidable general, en la que se reducen tanto el número de tramos, de los siete actuales a cinco, como los tipos marginales aplicables en los mismos. Posteriormente, para el ejercicio 2016, se efectúa una segunda rebaja de los tipos marginales, intensificándose la minoración de dicha carga tributaria.

Adicionalmente, para los perceptores de rendimientos del trabajo se ha revisado la reducción general por obtención de tales rendimientos integrándose en la misma la actual deducción en cuota por obtención de dichos rendimientos, al tiempo que se eleva su importe para los trabajadores de menores recursos. Al respecto debe indicarse que, tanto estos trabajadores, como el resto, podrán minorar su rendimiento del trabajo en una cuantía fija de 2.000 euros en concepto de otros gastos, importe que se sigue incrementando en los casos de aceptación de un puesto de trabajo en otro municipio o de trabajadores activos con discapacidad.

En el caso de los trabajadores por cuenta propia o autónomos, se ha incrementado la reducción actualmente existente aplicable a determinados trabajadores por cuenta propia al tiempo que se ha creado una reducción general para el resto de autónomos de menores recursos, absorbiendo ambas reducciones, al igual que en el supuesto de los trabajadores por cuenta ajena, la deducción por percepción de rendimientos de actividades económicas.

En cuanto al tratamiento fiscal de la familia, se respeta tanto el concepto de mínimo personal y familiar, como su forma de integración en el Impuesto. De esta forma, la elevación del mínimo personal y familiar permite incrementar de forma significativa la progresividad del mismo.



En concreto, se eleva tanto el importe del mínimo personal, incluido cuando el contribuyente tenga una edad superior a 65 o 75 años, como el correspondiente a los ascendientes y descendientes que convivan con aquél. Al mismo tiempo, se incrementan los importes del mínimo aplicable a las personas anteriormente señaladas con discapacidad, así como en los supuestos en que además sean trabajadores activos.

Adicionalmente a la aplicación de estos mínimos, con la finalidad de reducir la tributación de los trabajadores con mayores cargas familiares, se aprueban tres nuevas deducciones en la cuota diferencial que operarán de forma análoga a la actual deducción por maternidad, esto es, como auténticos impuestos negativos.

De esta forma, los contribuyentes que trabajen fuera del hogar y tengan ascendientes o descendientes con discapacidad a su cargo, o formen parte de una familia numerosa, podrán practicar una deducción en la cuota diferencial de hasta 1.200 euros anuales por cada una de dichas situaciones, deducción que además es perfectamente compatible con la actual deducción por maternidad.

El efecto combinado de estas medidas producirá una rebaja generalizada del Impuesto, rebaja que se intensificará, de acuerdo con el principio de equidad, en las rentas más bajas. Esta rebaja no sólo permite reducir la denominada brecha fiscal de los trabajadores, lo que se traducirá en un incremento de su renta disponible, sino que permite elevar el umbral mínimo de tributación, esto es, la cuantía a partir de la cual un trabajador es contribuyente neto del impuesto, hasta los 12.000 euros anuales.

Evidentemente, esta minoración de la tributación se trasladará al sistema de retenciones e ingresos a cuenta, rebajándose los tipos de retención, rebaja que nuevamente se intensificará en el ejercicio 2016, al mismo tiempo que se establecen, como nuevas medidas, tipos más reducidos para los administradores de entidades de menor tamaño, así como la reducción del tipo de retención aplicable a los profesionales.

En segundo lugar, tal y como se señaló anteriormente, se incorporan modificaciones en la regulación del impuesto para favorecer la inversión y estimular la generación de ahorro. En concreto, se adoptan dos medidas complementarias: ajustar su tributación a tipos más moderados e incrementar la neutralidad en su tratamiento fiscal.

Para lograr el primer objetivo indicado se aprueba, por una parte, una nueva tarifa aplicable a la base liquidable del ahorro en la que se reducen los marginales de cada uno de los tramos, rebaja que, al igual que lo señalado anteriormente en relación con la base liquidable general, se intensifica para el ejercicio 2016 mediante una segunda reducción de todos los tipos marginales. Por otra, se crea un nuevo instrumento dirigido a pequeños inversores denominado Plan de Ahorro a Largo Plazo cuya especialidad radica en la exención de las rentas generadas por la cuenta de depósito o el seguro de vida a través del cual se canalice dicho ahorro siempre que aporten cantidades inferiores a 5.000 euros anuales durante un plazo al menos de cinco años.

Para lograr el segundo objetivo señalado, esto es, avanzar en términos de neutralidad, se incorporan en la base imponible del ahorro las ganancias y pérdidas patrimoniales cualquiera que sea el plazo de permanencia en el patrimonio del contribuyente, al tiempo que se podrán compensar en la base del ahorro rendimientos con ganancias y pérdidas patrimoniales, de forma progresiva y con determinadas limitaciones, y se suprime la deducción por alquiler, homogenizando el tratamiento fiscal de la vivienda habitual entre alquiler y propiedad, si bien, al igual que cuando se suprimió la deducción por inversión en vivienda, se articula un régimen transitorio para los alquileres de vivienda efectuados con anterioridad a 2015 de manera que la supresión sólo afectará a nuevos alquileres.

Igualmente, se ha revisado el tratamiento fiscal de las reducciones de capital social con devolución de aportaciones y del reparto de la prima de emisión de acciones, con la finalidad de que la parte de las mismas que corresponda a reservas generadas por la entidad durante el tiempo de tenencia de la participación tribute de forma análoga a si hubieran repartido directamente tales reservas, así como el derivado de la venta de derechos de suscripción, homogenizándose su tratamiento entre entidades cotizadas y no cotizadas.

Por último, se han suprimido la exención aplicable a los perceptores de dividendos, los denominados coeficientes de abatimiento existentes a través de una sucesión de regímenes transitorios desde el año 1996, avanzando de esta manera no sólo en términos de neutralidad sino también de equidad, los coeficientes de corrección monetaria aplicables exclusivamente a la tributación de bienes inmuebles y la compensación fiscal aplicable únicamente a los perceptores de determinados rendimientos del capital mobiliario.

En tercer lugar, tal y como se señaló anteriormente, se ha llevado a cabo una revisión general del Impuesto como consecuencia de la cual se adoptan determinadas medidas que supondrán una ampliación de la base imponible del mismo, que permitirá no sólo atender a principios como el de suficiencia sino también avanzar en términos de generalidad e igualdad en el sostenimiento de los gastos públicos.

En concreto, y al margen de alguna otra medida señalada anteriormente, se han revisado la exención aplicable a las indemnizaciones por despido y la exención vinculada a la entrega de acciones gratuitas a los trabajadores de la propia empresa en la que trabajan para evitar que sea una fórmula fundamentalmente utilizada para retribuir a los trabajadores de mayor renta.

Adicionalmente, en consonancia con la indicada rebaja de tipos marginales, se minora del 40 al 30 por ciento el porcentaje de reducción aplicable a los rendimientos con período de generación superior a dos años u obtenidos de forma notoriamente irregular en el tiempo. Asimismo, se ha introducido mayor claridad y se han simplificado los requisitos para su aplicación en el ámbito de los rendimientos del trabajo, al tiempo que se han igualado los límites absolutos para su aplicación cualquiera que sea la calificación de la renta.

Por otra parte, en materia de previsión social, se sigue manteniendo el esquema actual de tributación que permite diferir parte del salario o beneficio empresarial al momento del cumplimiento de la contingencia prevista en la normativa de planes de pensiones, pero se unifican y aproximan los límites de reducción a las aportaciones reales efectuadas por la mayoría de los contribuyentes, salvo en el caso de los sistemas de previsión social constituidos a favor del cónyuge cuyos límites de reducción se incrementan.

Además, para fomentar el ahorro previsional, se incentiva fiscalmente la constitución de rentas vitalicias aseguradas por mayores de 65 años, declarando exenta la ganancia patrimonial derivada de la transmisión de cualquier elemento patrimonial, siempre que el importe obtenido en la transmisión se destine a constituir una renta de tal naturaleza.

Igualmente, se refuerzan los requisitos para aplicar la transparencia fiscal internacional y se establece la tributación de las ganancias tácitas derivadas de acciones o participaciones en entidades relevantes que se pondrá de manifiesto en los supuestos en los que el contribuyente traslade su residencia fiscal a otro país antes de enajenar dicha cartera.

Además, se revisa el método de estimación objetiva aplicable en la determinación del rendimiento neto de determinadas actividades, exigiendo, a partir de 2016, nuevos requisitos para su aplicación, tanto cuantitativos, mediante una reducción de los límites objetivos, como cualitativos, reduciendo las actividades que se pueden acoger a este, limitándolas a aquéllas que por su naturaleza se relacionan fundamentalmente con consumidores finales.

Por último, debe indicarse que se han introducido otras medidas con las que se pretende mejorar el medio ambiente, reduciendo la tributación de los rendimientos del trabajo en especie derivado de la cesión de uso de vehículos menos contaminantes, o simplificar el impuesto, posponiendo al momento del cobro la imputación temporal de la ganancia patrimonial derivada de la obtención de cualquier subvención pública, aclarando el momento a partir del cual se podrá imputar la pérdida patrimonial derivada de un crédito incobrable o simplificando el régimen fiscal de trabajadores desplazados a territorio español.

## V

**Impuesto sobre la Renta de no Residentes**

En cuanto al Impuesto sobre la Renta de no Residentes, se efectúan determinadas modificaciones con el fin de adecuarlo, en mayor medida, al marco normativo comunitario, acompasarlo a los cambios que se contemplan en el Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas y reforzar la seguridad jurídica.

Así, desde la óptica comunitaria, con la finalidad de dar una mayor claridad y favorecer las libertades de circulación recogidas en el Derecho de la Unión Europea, se distingue, para los contribuyentes no residentes sin establecimiento permanente, entre personas físicas o personas jurídicas, estableciendo, para cada uno de estos dos supuestos, los gastos deducibles para el cálculo de la base imponible, por remisión a la normativa del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas y del Impuesto sobre Sociedades, respectivamente.

En segundo lugar, se incluye un nuevo supuesto por el que se permite, a contribuyentes residentes en otros Estados miembros de la Unión Europea, optar por tributar como contribuyentes por el Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas. La finalidad de la modificación es favorecer la libre circulación de los ciudadanos dentro de la Unión Europea, y va dirigida a los contribuyentes no residentes con bajos ingresos, a los que se quiere garantizar que puedan disfrutar, al igual que los contribuyentes residentes, de la exención de un determinado importe mínimo de su renta.

En tercer lugar, y también para favorecer la libre circulación de los ciudadanos dentro de la Unión Europea, se permite al contribuyente no residente que quede excluida de gravamen la ganancia patrimonial que obtenga con motivo de la transmisión de la que haya sido su vivienda habitual en territorio español, siempre que el importe obtenido en la transmisión se reinvierta en la adquisición de una nueva vivienda habitual.

Tal y como se indicó anteriormente, se introducen determinadas modificaciones consecuencia de las medidas introducidas en el Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas y en el Impuesto sobre Sociedades, en especial, las que afectan a los tipos de gravamen, siendo relevante señalar que para los contribuyentes sin establecimiento permanente se establece un tipo general del 24 por 100, actualmente del 24,75 por 100, mientras que para los residentes en otros Estados de la Unión Europea el tipo será del 19 por 100, coincidente con el tipo marginal más bajo de la tarifa del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas. Adicionalmente, se equipara el tipo de gravamen aplicable a los establecimientos permanentes al que corresponda con arreglo a la normativa del Impuesto sobre Sociedades.

Asimismo, se introducen algunas modificaciones de carácter técnico destinadas fundamentalmente a aclarar la interpretación de ciertas disposiciones del texto refundido.

A este respecto, se modifican las cláusulas anti-abuso, en cuanto a la no aplicación de la exención de los beneficios distribuidos por sociedades residentes en territorio español a sus sociedades matrices residentes en otros Estados miembros de la Unión Europea y de los cánones pagados por sociedades residentes en territorio español a sus sociedades asociadas residentes en otros Estados miembros de la Unión Europea.

Por otro lado, se ha hecho necesario añadir una disposición por la que se adaptan determinados aspectos de la atribución de beneficios a los establecimientos permanentes, aplicable a los convenios para evitar la doble imposición suscritos por España que contemplen la versión aprobada en el año 2010 del artículo 7 del Modelo de Convenio Tributario sobre la Renta y sobre el Patrimonio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, en relación a los beneficios empresariales.

## VI

**Otras disposiciones**

Con base en la información obtenida en el marco de intercambios de información con otros países, la Administración tributaria española tuvo conocimiento de la existencia de contribuyentes del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas que habiendo percibido rendimientos por pensiones procedentes del extranjero no habían sido declaradas correctamente. Respecto de tales rendimientos, la Agencia Estatal de Administración Tributaria, en cumplimiento de sus funciones, ha venido desarrollando las actuaciones de regularización correspondientes.

Dadas las especiales circunstancias del colectivo social afectado –personas de avanzada edad trasladadas recientemente a España–, se estima necesario establecer por razones de justicia y cohesión social, a través de la disposición adicional única de esta Ley, la posibilidad de regularizar voluntariamente con exclusión de sanciones, recargos e intereses, o en caso de que las actuaciones de la Administración tributaria ya hayan concluido, establecer la condonación de las sanciones, recargos o intereses girados.

Además, se modifican otras normas mediante las correspondientes disposiciones finales.

La disposición final primera modifica el Texto Refundido de la Ley de Planes y Fondos de Pensiones, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2002, de 29 de noviembre, con la finalidad de adaptar los límites financieros de aportación a planes de pensiones a los nuevos límites de reducción en la base imponible del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas y establecer la posibilidad de disponer anticipadamente del importe de los derechos consolidados correspondientes a aportaciones con al menos diez años de antigüedad de determinados instrumentos de previsión social. Respecto de los derechos consolidados existentes a 31 de diciembre de 2015, mediante una disposición transitoria, también se permite la disposición a partir del 1 de enero de 2025.

La disposición final segunda modifica la Ley 36/2006, de 29 de noviembre, de medidas para la prevención del fraude fiscal, con la finalidad de luchar contra el fraude fiscal y la elusión tributaria. En este sentido, se modifican los criterios que se pueden tener en cuenta para considerar que un determinado país o jurisdicción tenga la consideración de paraíso fiscal, incluyendo tanto la existencia de un intercambio de información efectivo como los resultados de las evaluaciones inter pares realizados por el Foro Global de Transparencia e Intercambio de Información. La lista de paraísos se regulará reglamentariamente y se prevé de manera expresa la posibilidad de su actualización.

La disposición final tercera modifica la Ley 29/1987, de 18 de diciembre, del Impuesto sobre Sucesiones y Donaciones, a resultas de la Sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea, de 3 de septiembre de 2014, que ha determinado que el Reino de España ha incumplido el ordenamiento comunitario al permitir que se establezcan diferencias en el trato fiscal de las donaciones y las sucesiones entre los causahabientes y los donatarios residentes y no residentes en España, entre los causantes residentes y no residentes en España y entre las donaciones y las disposiciones similares de bienes inmuebles situados en territorio español y fuera de este.

A fin de eliminar los supuestos de discriminación descritos, resulta necesario modificar la Ley del Impuesto sobre Sucesiones y Donaciones, para introducir una serie de reglas que permitan la plena equiparación del tratamiento en el impuesto en las situaciones discriminatorias enumeradas por el citado Tribunal.

Por último, la disposición final cuarta modifica la Ley 19/1991, de 6 de junio, del Impuesto sobre el Patrimonio, para introducir una serie de reglas que permitan un tratamiento similar entre residentes y no residentes, que sean residentes en otros Estados miembros de la Unión Europea o del Espacio Económico Europeo.

## **A5. Plànols**

Es mostrarà ordenament les peces plàstiques, metàl·liques i finalment el plànol del conjunt explosionat.

D

C

B

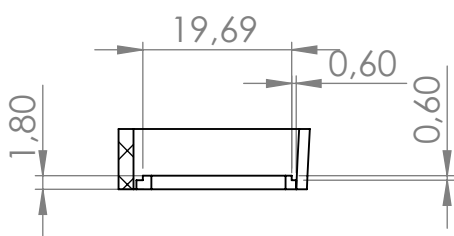
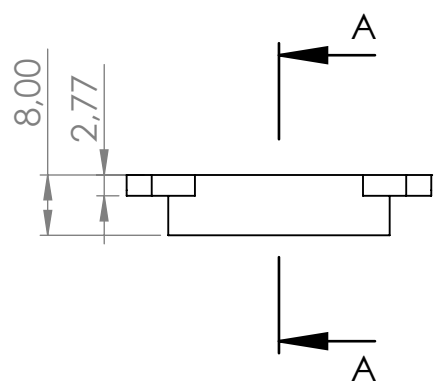
A

D

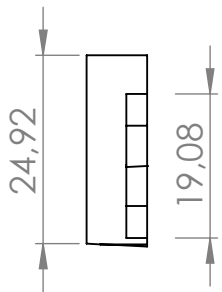
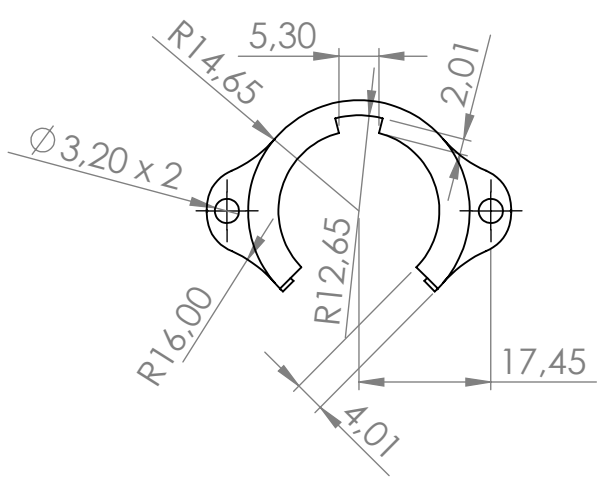
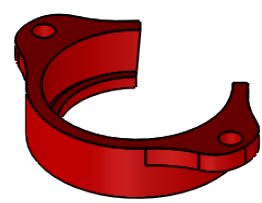
C

B


A



SECCIÓN A-A



|      |         |            |             |
|------|---------|------------|-------------|
| Rev. | Drw.    | Date       | Description |
|      | X.Malla | 03/06/2018 |             |
| Rev. | App.    | Date       | Description |
|      |         |            |             |
| Rev. | Drw.    | Date       | Description |
|      |         |            |             |
| Rev. | App.    | Date       | Description |
|      |         |            |             |



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONA TECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est  
e-mail: xaviermalla@gmail.com

Note





**Tapa motor**

|              |         |                |           |
|--------------|---------|----------------|-----------|
| Material     | ABSplus | Volume         | 1.477 mm3 |
| Surf. finish |         | Alt. Materials |           |

Drawing description

|      |      |       |
|------|------|-------|
| Size | Unit | Scale |
| A4   | mm   | 1:1   |
|      |      | Sheet |
|      |      | 1/1   |

|       |        |      |
|-------|--------|------|
| Proj. | Number | Rev. |
|       |        |      |

|   |   |
|---|---|
|  | CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL |
|  | PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL    |
|  | CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL      |
|  | REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL                            |
| R.D.A.D.= REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION  |   |
| GENERAL TOLERANCES  |   |
| DIMENSIONAL GROUP   | TOLERANCE   |
| 0 - 6   | ±0.1  |
| > 6 - 30  | ±0.2  |
| > 30 - 120  | ±0.3  |
| > 120 - 400   | ±0.5  |

D

C

B

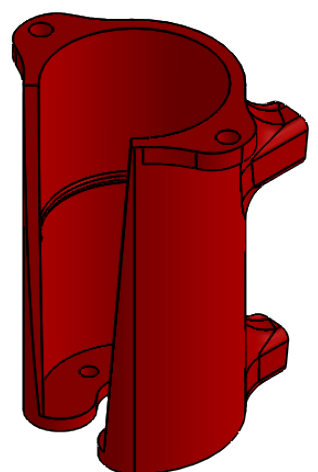
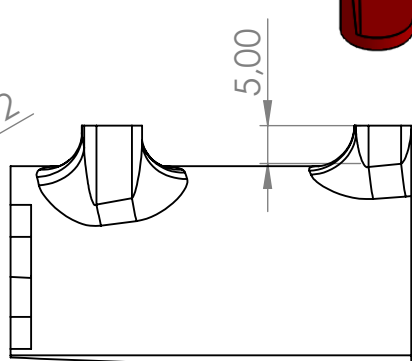
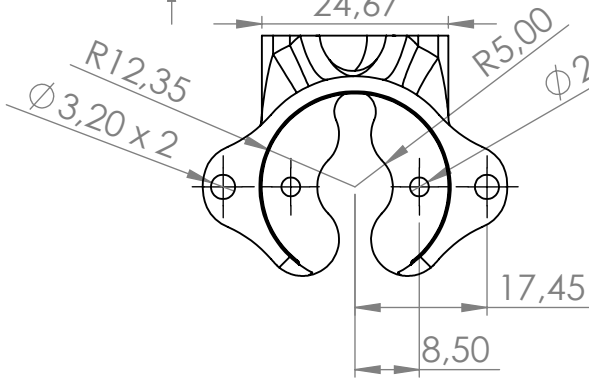
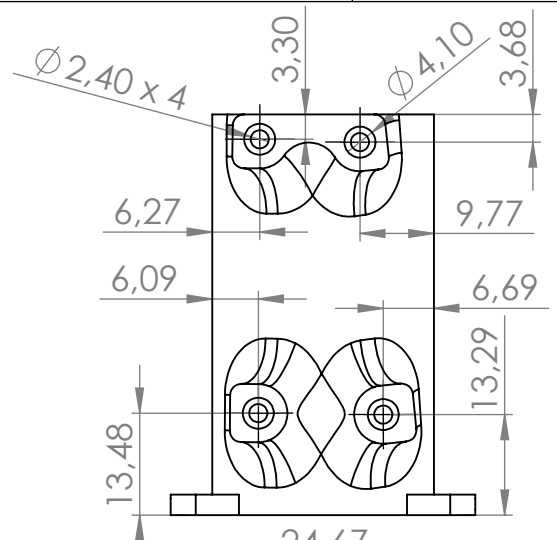
A

D






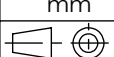
C

B

A



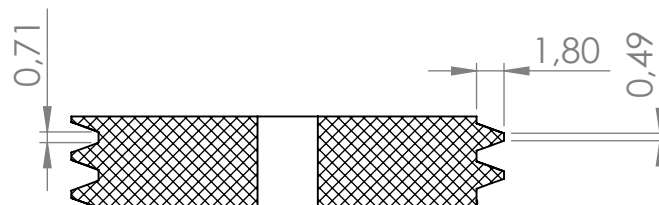
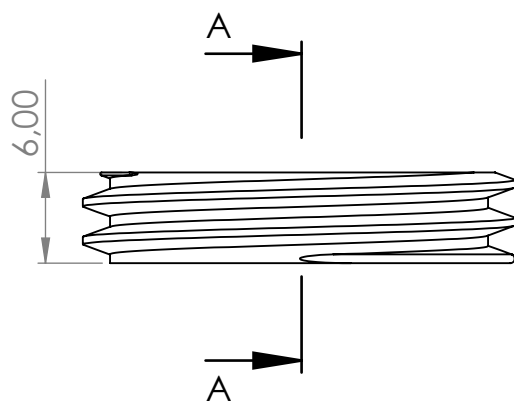
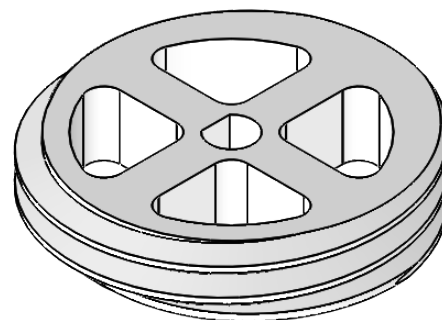
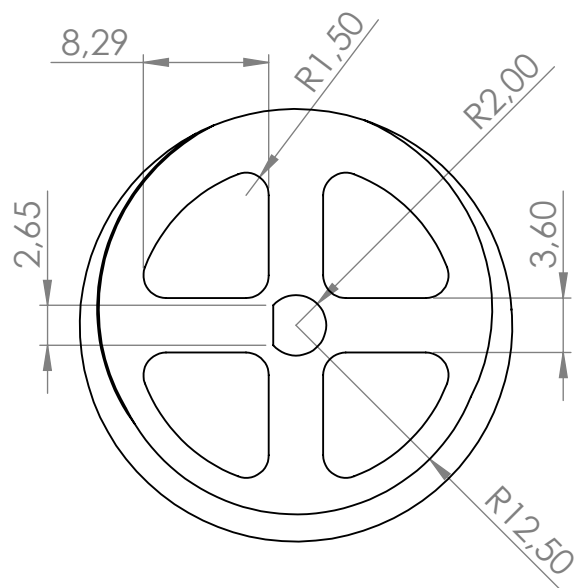
|      |                 |                    |             |
|------|-----------------|--------------------|-------------|
| Rev. | Drw.<br>X.Malla | Date<br>03/06/2018 | Description |
|      | App.            | Date               |             |
| Rev. | Drw.            | Date               | Description |
|      | App.            | Date               |             |
| Rev. | Drw.            | Date               | Description |
|      | App.            | Date               |             |

|   |  |      |                     |                    |                |                |   |   |   |  |
|---|--|------|---------------------|--------------------|----------------|----------------|---|---|---|--|
| <div><p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA<br/>BARCELONA-TECH</p><p>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est</p><p>e-mail: xaviermalla@gmail.com</p></div> |  |      | Note                |                    | Carcassa motor |                |  | CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL                         |   |  |
|   |  |      | Material            |                    | ABSplus        | Volume         | 10.271 mm3  |  | PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL                            |  |
|   |  |      | Surf. finish        |                    |                | Alt. Materials |   |   |  | CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL |
|   |  |      | Drawing description |                    |                |                |  | REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL  |   |  |
|   |  |      |                     |                    |                |                | R.D.A.D.= REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION  |   |   |  |
| Size  |  | Unit | Scale               | GENERAL TOLERANCES |                |                |   |   |   |  |
| <div><div>A4</div><div></div></div>  |  | mm   | 1:1                 | DIMENSIONAL GROUP  |                | TOLERANCE      |   |   |   |  |
|   |  |      |                     | 0 - 6              |                | ±0.1           |   |   |   |  |
|   |  |      |                     | > 6 - 30           |                | ±0.2           |   |   |   |  |
|   |  |      |                     | > 30 - 120         |                | ±0.3           |   |   |   |  |
|   |  |      |                     | > 120 - 400        |                | ±0.5           |   |   |   |  |
| Sheet   |  | 1/1  | Proj.               | Number             | Rev.           |                |   |   |   |  |

3

2


1



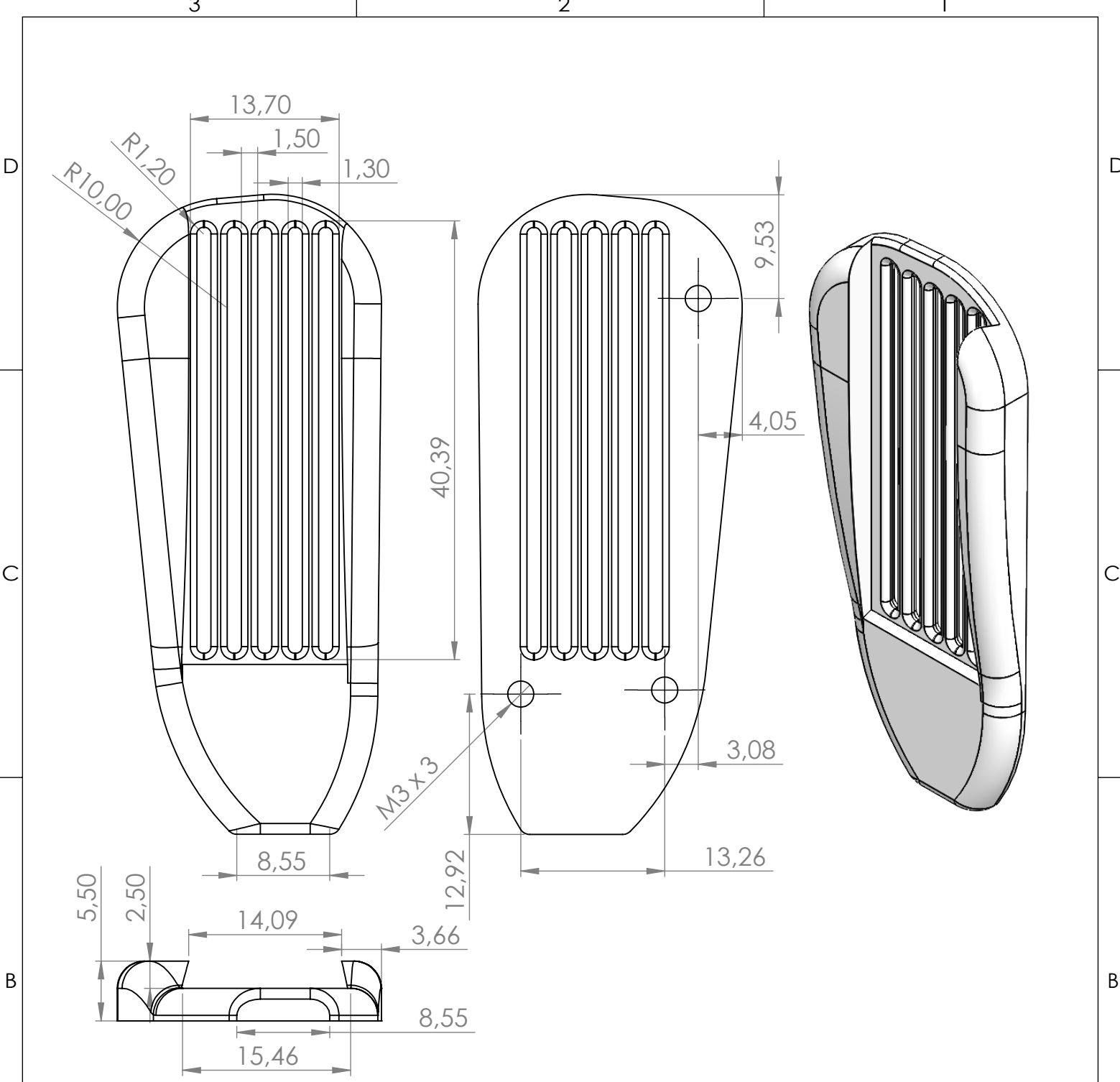
SECCIÓN A-A

Pas: 2,51 mm  
 Altura: 1,80 mm  
 Voltes: 3,5

|      |                 |                    |             |
|------|-----------------|--------------------|-------------|
| Rev. | Drw.<br>X.Malla | Date<br>03/06/2018 | Description |
|      | App.            | Date               |             |
| Rev. | Drw.            | Date               | Description |
|      | App.            | Date               |             |
| Rev. | Drw.            | Date               | Description |
|      | App.            | Date               |             |

|   |  |                                     |                     |       |                  |                    |   |  |  |           |
|---|--|-------------------------------------|---------------------|-------|------------------|--------------------|---|--|--|-----------|
| <div><p>UPC</p><p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA<br/>BARCELONA TECH</p><p>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est</p><p>e-mail: xaviermalla@gmail.com</p></div> |  |                                     | Note                |       | Roda vis sens fi |                    | <div><div>▽</div><div>CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL</div></div> |  |  |           |
|   |  |                                     | Material            |       | Resina           | Volume             | 2.016 mm3   | <div><div>◩</div><div>PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL</div></div> |  |           |
|   |  |                                     | Surf. finish        |       |                  | Alt. Materials     |   | <div><div>◻</div><div>CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL</div></div>   |  |           |
|   |  |                                     | Drawing description |       |                  |                    | <div><div>◯</div><div>REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL</div></div>                            |  |  |           |
|   |  |                                     |                     |       |                  |                    | R.D.A.D.= REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION  |  |  |           |
| Size  |  | Unit                                | mm                  | Scale | 2:1              | GENERAL TOLERANCES |   |  |  |           |
| A4  |  | <div><div>◩</div><div>◉</div></div> |                     | Sheet |                  | 1/1                |   | DIMENSIONAL GROUP  |  | TOLERANCE |
|   |  |                                     |                     |       |                  |                    |   | 0 - 6  |  | ±0.1      |
|   |  |                                     |                     |       |                  |                    |   | > 6 - 30   |  | ±0.2      |
|   |  |                                     |                     |       |                  |                    |   | > 30 - 120   |  | ±0.3      |
|   |  |                                     |                     |       |                  |                    |   | > 120 - 400  |  | ±0.5      |
| Proj.   |  | Number                              |                     | Rev.  |                  |                    |   |  |  |           |

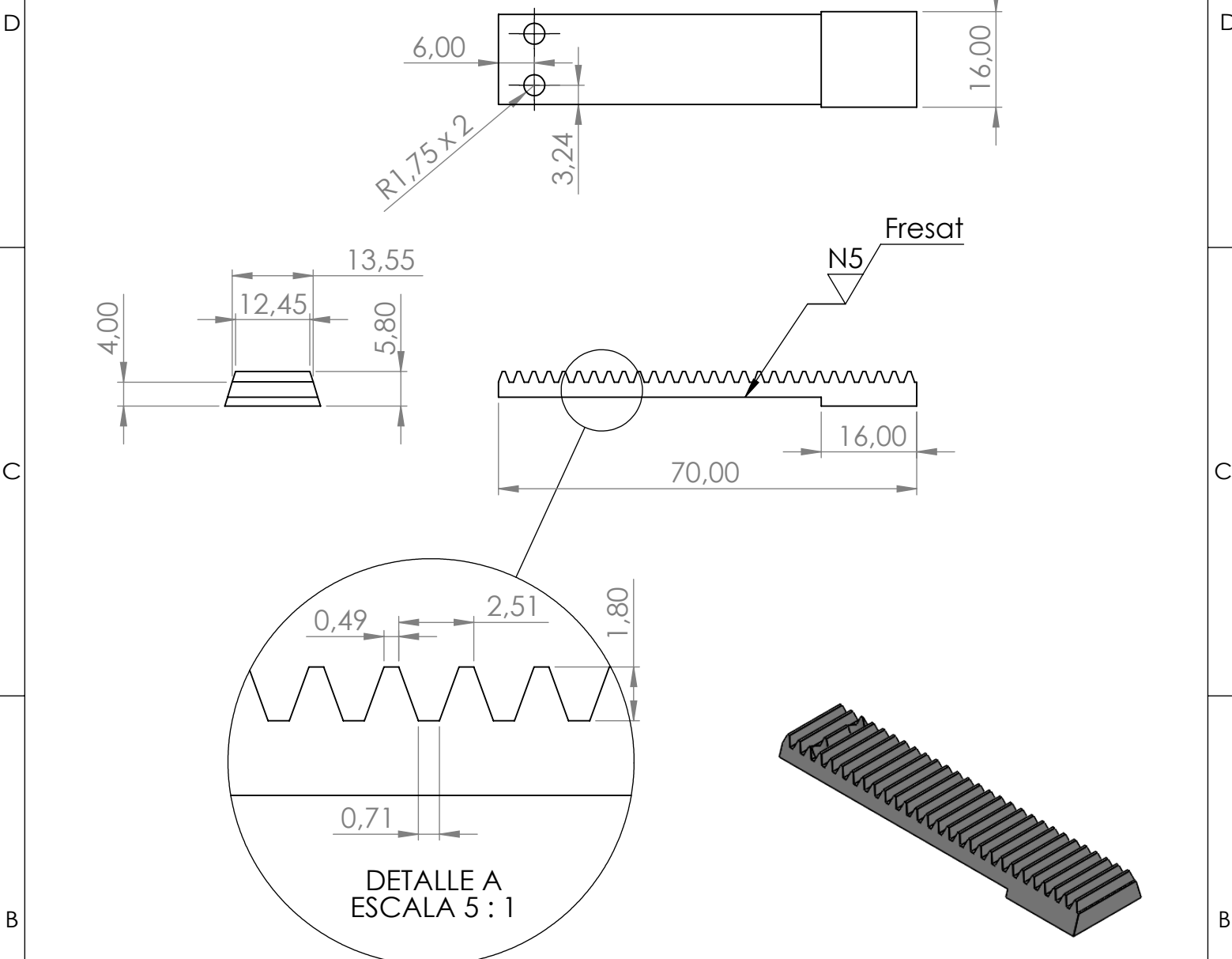





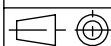





|                          |         |                |             |
|--------------------------|---------|----------------|-------------|
| Rev.                     | Drw.    | Date           | Description |
|                          | X.Malla | 03/06/2018     |             |
| Rev.                     | Drw.    | Date           | Description |
|                          |         |                |             |
| Rev.                     | Drw.    | Date           | Description |
|                          |         |                |             |
| Note                     |         |                |             |
| Fixació de la cremallera |         |                |             |
| Material                 |         | Volume         | 2.632 mm3   |
| Surf. finish             |         | Alt. Materials |             |
| Drawing description      |         |                |             |
| R.D.A.D.=                |         |                |             |
| GENERAL TOLERANCES       |         |                |             |
| DIMENSIONAL GROUP        |         | TOLERANCE      |             |
| 0 - 6                    |         | ±0.1           |             |
| > 6 - 30                 |         | ±0.2           |             |
| > 30 - 120               |         | ±0.3           |             |
| > 120 - 400              |         | ±0.5           |             |

|      |      |       |       |        |      |
|------|------|-------|-------|--------|------|
| Size | Unit | Scale | Proj. | Number | Rev. |
| A4   | mm   | 2:1   |       |        |      |
|      |      | Sheet |       |        |      |
|      |      | 1/1   |       |        |      |

|  |   |
|--|---|
|  | <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</b><br>BARCELONATECH<br>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est<br>e-mail: xaviermalla@gmail.com |
|--|---|



|      |      |         |      |            |             |
|------|------|---------|------|------------|-------------|
| Rev. | Drw. | X.Malla | Date | 03/06/2018 | Description |
|      | App. |         | Date |            |             |
| Rev. | Drw. |         | Date |            | Description |
|      | App. |         | Date |            |             |
| Rev. | Drw. |         | Date |            | Description |
|      | App. |         | Date |            |             |

|  |  |                     |  |   |                |   |   |  |
|--|--|---------------------|--|---|----------------|---|---|--|
| <div><br/>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA<br/>BARCELONA<br/>Escuela d'Enginyeria de Barcelona Est<br/>e-mail: xaviermalla@gmail.com</div> <div>Size: <b>A4</b>   Unit: <b>mm</b>   Scale: <b>1:1</b><br/> Sheet: <b>1/1</b></div> |  | Note                |  | Cremallera  |                |  | CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL                         |  |
|  |  | Material            |  | PTFE  | Volume         | 3.574 mm3   |  | PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL |
|  |  | Surf. finish        |  | N5<br> | Alt. Materials |   |  | CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL   |
|  |  | Drawing description |  |   |                |  | REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL  |  |
|  |  |                     |  |   |                | R.D.A.D.= REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION  |   |  |
|  |  |                     |  | GENERAL TOLERANCES  |                |   |   |  |
|  |  |                     |  | DIMENSIONAL GROUP   | TOLERANCE      |   |   |  |
|  |  |                     |  | 0 - 6   | ±0.1           |   |   |  |
|  |  |                     |  | > 6 - 30  | ±0.2           |   |   |  |
|  |  |                     |  | > 30 - 120  | ±0.3           |   |   |  |
|  |  |                     |  | > 120 - 400   | ±0.5           |   |   |  |

|       |        |      |
|-------|--------|------|
| Proj. | Number | Rev. |
|       |        |      |

D

C

B

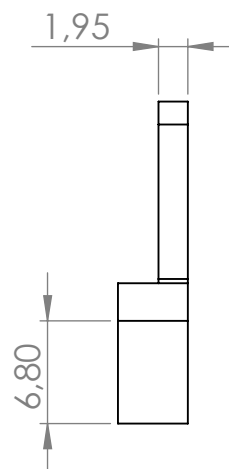
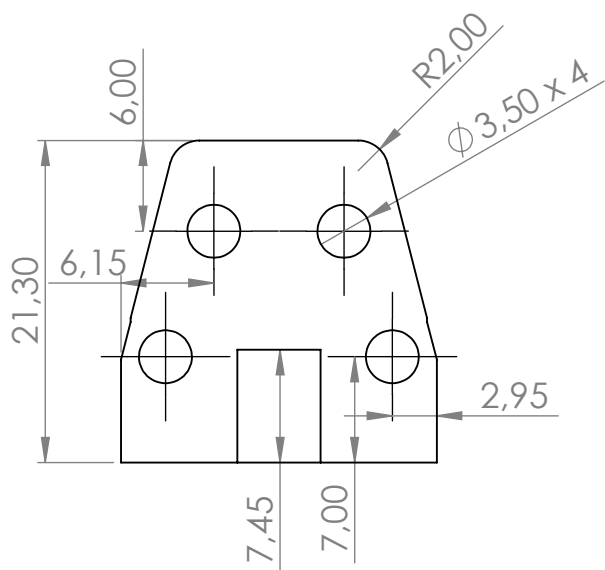
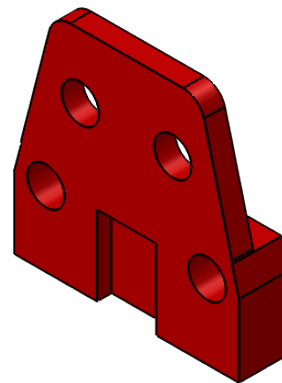
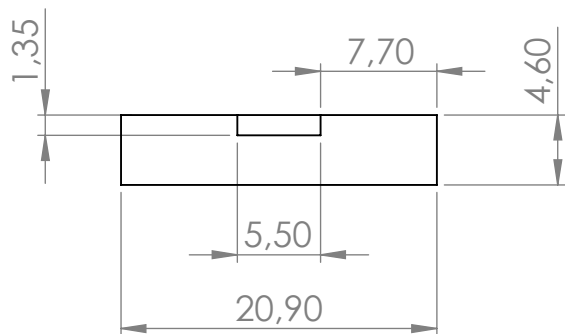
A

D


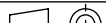
C

B

A



|      |                 |                    |             |
|------|-----------------|--------------------|-------------|
| Rev. | Drw.<br>X.Malla | Date<br>03/06/2018 | Description |
| Rev. | App.            | Date               | Description |
| Rev. | Drw.            | Date               | Description |
| Rev. | App.            | Date               | Description |

|   |  |  |                     |             |                             |                    |   |           |  |      |  |
|---|--|--|---------------------|-------------|-----------------------------|--------------------|---|-----------|--|------|--|
| <div></div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>BARCELONA-TECH</div> <div>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est</div> <div>e-mail: xaviermalla@gmail.com</div> |  |  | Note                |             | <div>Unió de la sonda</div> |                    | <div>▽</div> <div>CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL</div> |           |  |      |  |
|   |  |  |                     |             |                             |                    | <div>◊</div> <div>PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL</div>    |           |  |      |  |
|   |  |  | Material            |             | Volume                      |                    | <div>◻</div> <div>CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL</div>      |           |  |      |  |
|   |  |  | Surf. finish        |             | Alt. Materials              |                    | <div>○</div> <div>REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL</div>                            |           |  |      |  |
|   |  |  | Drawing description |             |                             |                    | R.D.A.D.= <div>REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION</div>                                 |           |  |      |  |
| Size  |  | Unit   |                     | Scale       |                             | GENERAL TOLERANCES |   |           |  |      |  |
| A4  |  | mm   |                     | 2:1         |                             | DIMENSIONAL GROUP  |   | TOLERANCE |  |      |  |
|   |  | <div></div> |                     | Sheet       |                             | 1/1                |   | 0 - 6     |  | ±0.1 |  |
|   |  |  |                     | Proj.       |                             | Number             |   | > 6 - 30  |  | ±0.2 |  |
|   |  |  |                     | Rev.        |                             | > 30 - 120         |   | ±0.3      |  |      |  |
|   |  |  |                     | > 120 - 400 |                             | ±0.5               |   |           |  |      |  |

D

C

B

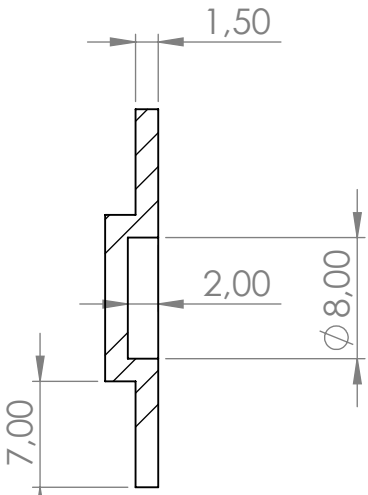
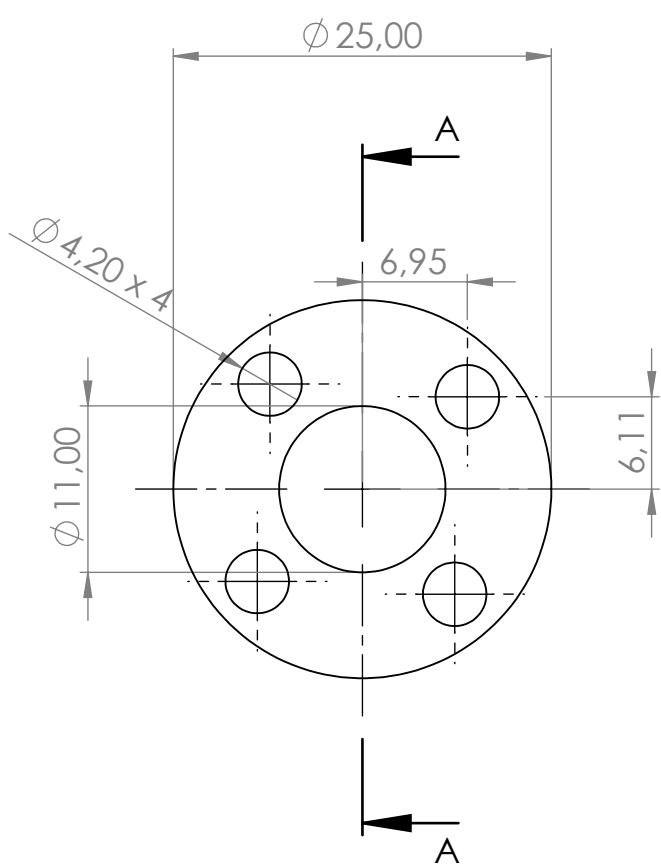
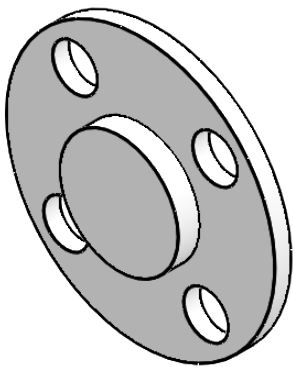
A

D

C

B

A



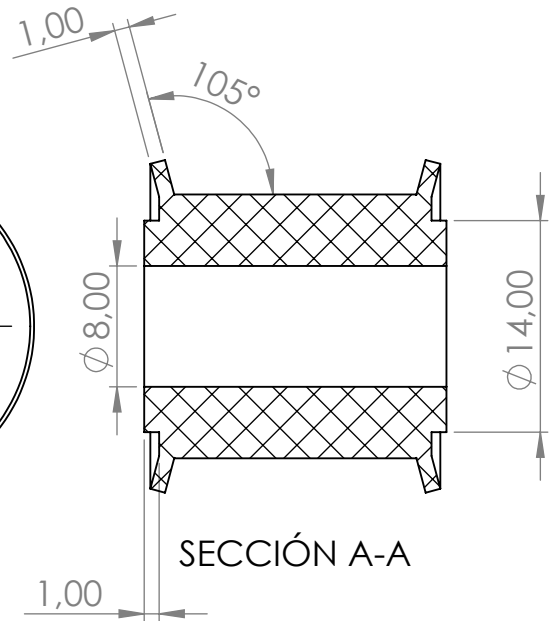
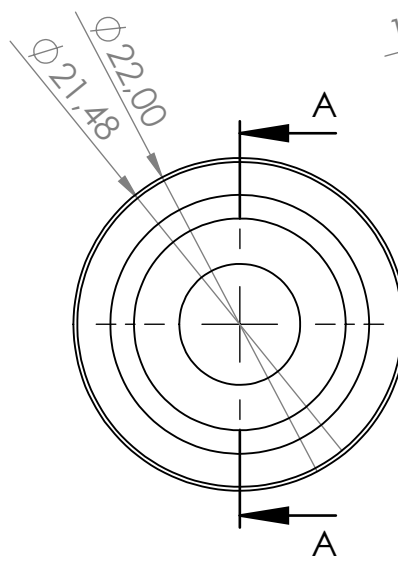
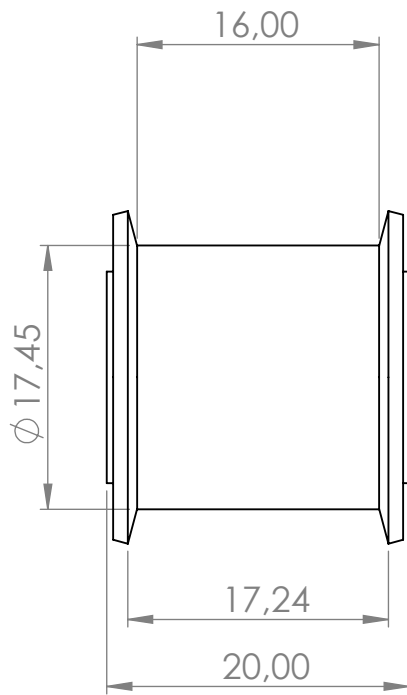
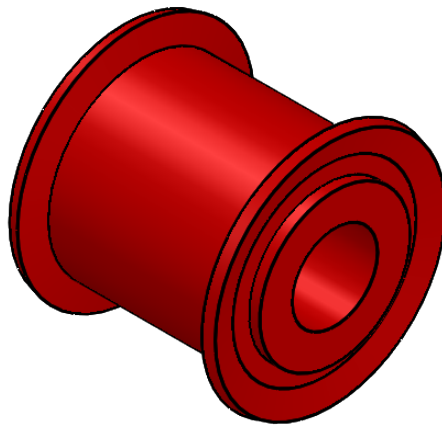
SECCI3N A-A

|      |                 |                  |             |
|------|-----------------|------------------|-------------|
| Rev. | Drw.<br>X.Malla | Date<br>03/06/18 | Description |
| Rev. | App.            | Date             | Description |
| Rev. | Drw.            | Date             | Description |
| Rev. | App.            | Date             | Description |

|  |                     |                   |  |   |
|--|---------------------|-------------------|--|---|
| <br>UNIVERSITAT POLIT3CNICA DE CATALUNYA<br>BARCELONATECH<br>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est<br>e-mail: xaviermalla@gmail.com | Note                |                   |  | CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL |
|  | Protecci3 rodament  |                   |  | PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL    |
|  | Material<br>Resina  | Volume<br>742 mm3 |  | CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL      |
|  | Surf. finish        | Alt. Materials    |  | REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL                            |
|  | Drawing description |                   | R.D.A.D.= REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION |   |

|            |            |              |              |       |        |      |
|------------|------------|--------------|--------------|-------|--------|------|
| Size<br>A4 | Unit<br>mm | Scale<br>2:1 | Sheet<br>1/1 | Proj. | Number | Rev. |
|------------|------------|--------------|--------------|-------|--------|------|

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| GENERAL TOLERANCES |           |
| DIMENSIONAL GROUP  | TOLERANCE |
| 0 - 6              | ±0.1      |
| > 6 - 30           | ±0.2      |
| > 30 - 120         | ±0.3      |
| > 120 - 400        | ±0.5      |



| Rev. | Drw.    | Date     | Description |
|------|---------|----------|-------------|
|      | X.Malla | 03/06/18 |             |
|      | App.    | Date     |             |
|      |         |          |             |
|      |         |          |             |
|      |         |          |             |
|      |         |          |             |
|      |         |          |             |

| Note                |                |
|---------------------|----------------|
| Tensador            |                |
| Material            | ABSplus        |
| Volume              | 3.881 mm3      |
| Surf. finish        | Alt. Materials |
| Drawing description |                |

| Size | Unit | Scale     |
|------|------|-----------|
| A4   | mm   | 2:1       |
|      |      | Sheet 1/1 |

| Proj. | Number | Rev. |
|-------|--------|------|
|       |        |      |

| GENERAL TOLERANCES |           |
|--------------------|-----------|
| DIMENSIONAL GROUP  | TOLERANCE |
| 0 - 6              | ±0.1      |
| > 6 - 30           | ±0.2      |
| > 30 - 120         | ±0.3      |
| > 120 - 400        | ±0.5      |

| Symbol | Description   |
|--------|---|
| ▽      | CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL |
| ◇      | PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL    |
| □      | CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL      |
| ○      | REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL                            |

| R.D.A.D.= REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION |  |
|--|--|
|  |  |

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONA TECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est  
e-mail: xaviermalla@gmail.com

D

C

B

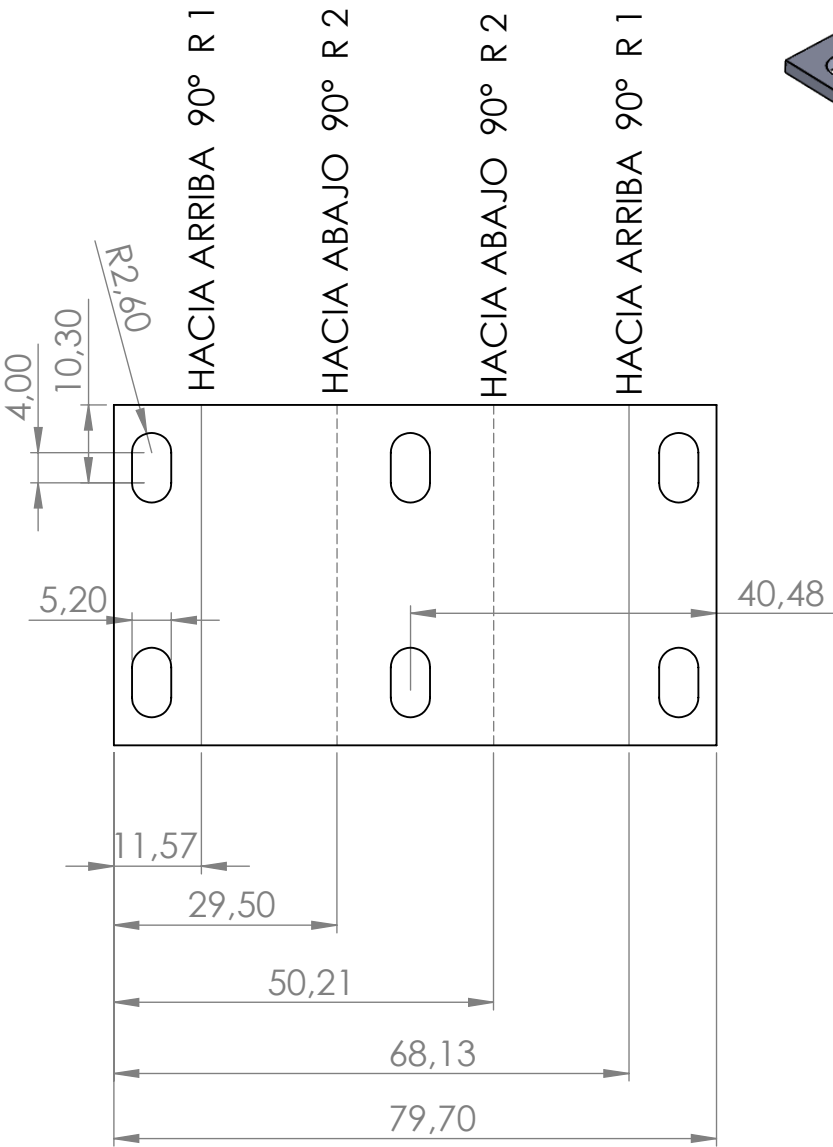
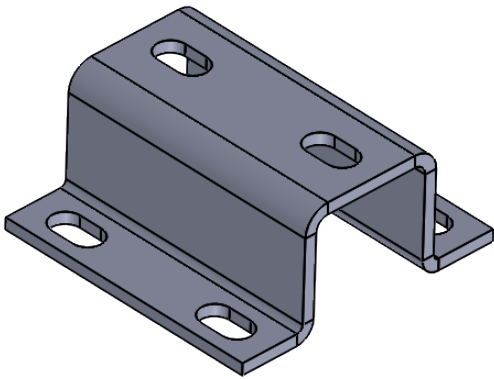
A


D

C

B

A



|  |         |                |   |
|--|---------|----------------|---|
| Rev.   | Drw.    | Date           | Description   |
|  | X.Malla | 03/06/18       |   |
| Rev.   | App.    | Date           | Description   |
|  |         |                |   |
| Rev.   | Drw.    | Date           | Description   |
|  |         |                |   |
| Rev.   | App.    | Date           | Description   |
|  |         |                |   |
| <br>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA<br>BARCELONA TECH<br>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est<br>e-mail: xaviermalla@gmail.com |         |                | Note  |
|  |         |                | Xapa elevadora  |
| Material   |         | Alumini 5754   | Volume  |
| Surf. finish   |         |                | 6.668 mm3   |
| Surf. finish   |         | Alt. Materials |   |
| Drawing description  |         |                |   |
| Size   |         |                | CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL |
|  |         |                | PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL    |
| Unit   |         |                | CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL      |
|  |         |                | REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL                            |
| Scale  |         |                | R.D.A.D.= REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION                    |
|  |         |                | GENERAL TOLERANCES  |
| Sheet  |         |                | DIMENSIONAL GROUP   |
|  |         |                | TOLERANCE   |
| Proj.  |         |                | 0 - 6   |
|  |         |                | ±0.1  |
| Number   |         |                | > 6 - 30  |
|  |         |                | ±0.2  |
| Rev.   |         |                | > 30 - 120  |
|  |         |                | ±0.3  |
|  |         |                | > 120 - 400   |
|  |         |                | ±0.5  |

D

C

B

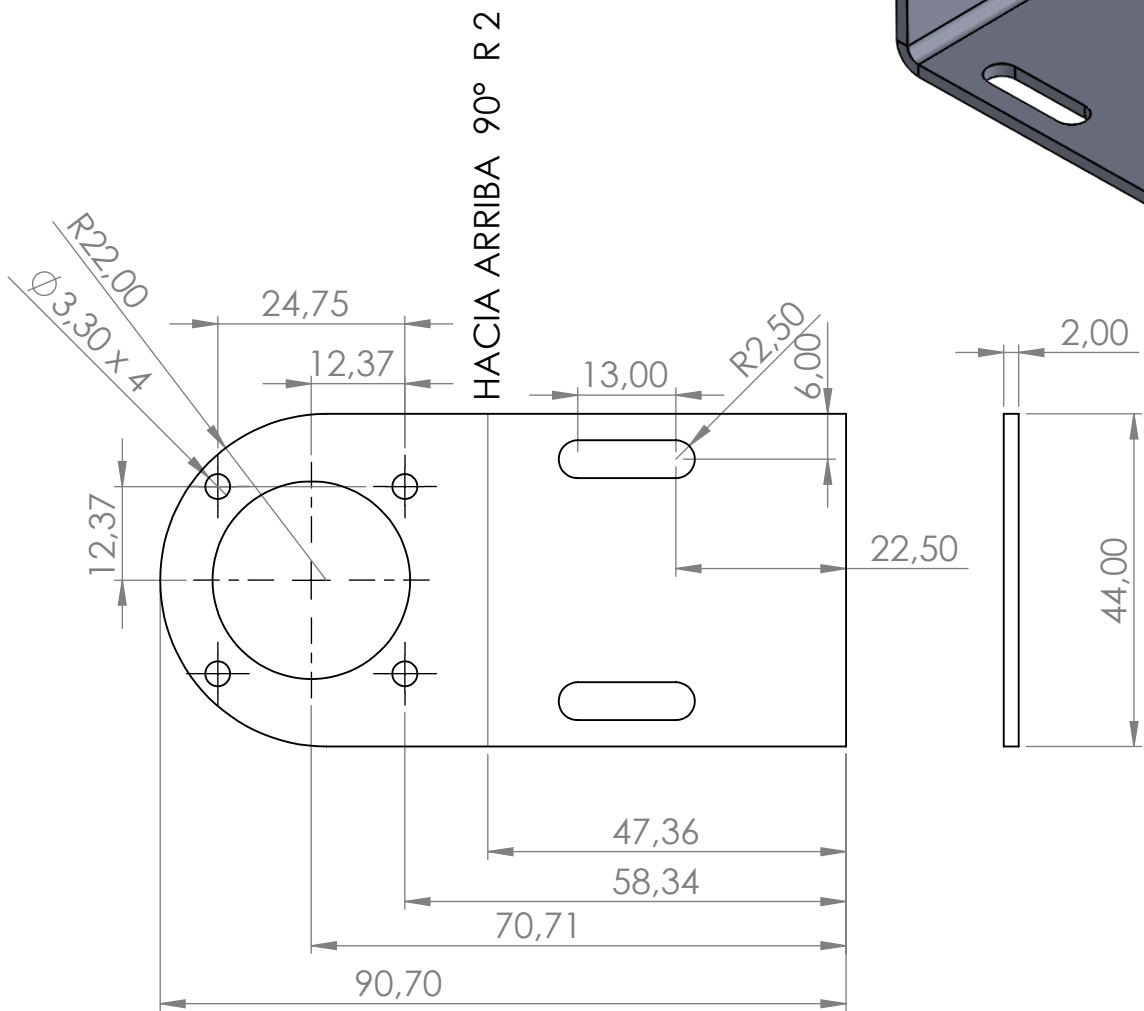
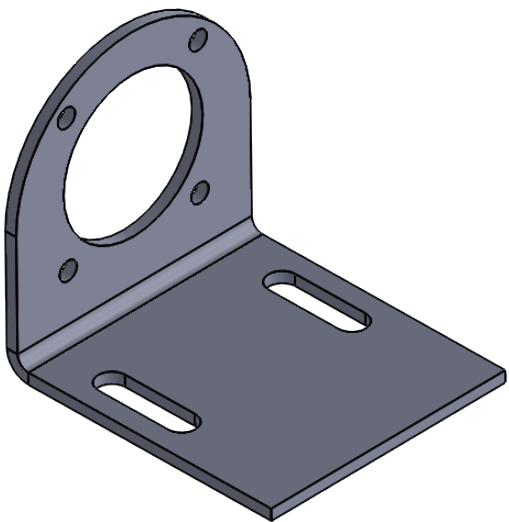
A

D






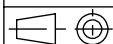
C

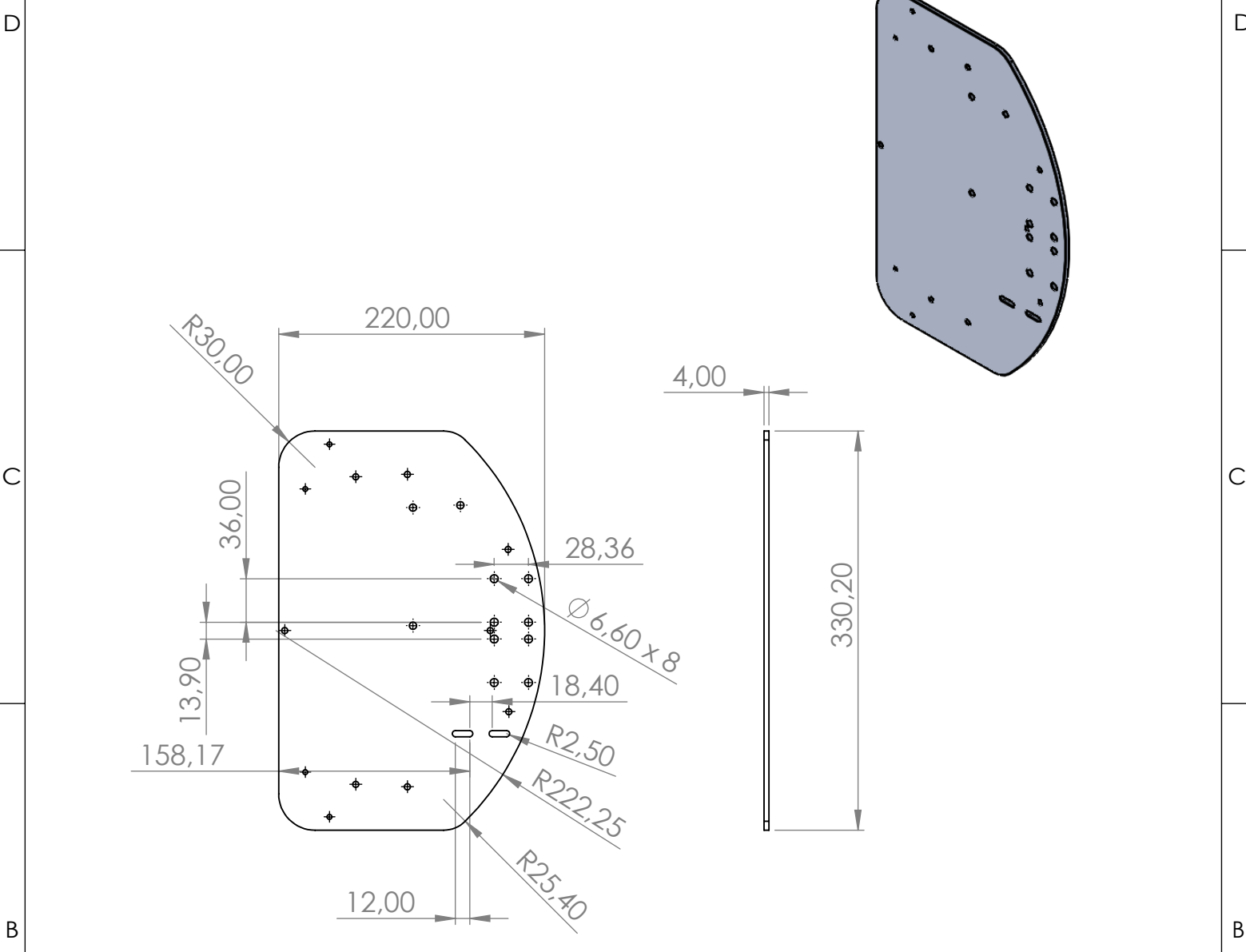
B


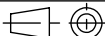




A



|      |         |          |             |
|------|---------|----------|-------------|
| Rev. | Drw.    | Date     | Description |
|      | X.Malla | 03/06/18 |             |
| App. |         | Date     |             |
|      |         |          |             |
| Rev. | Drw.    | Date     | Description |
|      | App.    | Date     |             |
| Rev. | Drw.    | Date     | Description |
|      | App.    | Date     |             |

|  |                       |   |  |   |  |  |
|--|-----------------------|---|--|---|--|--|
| <div><p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA<br/>BARCELONA</p><p>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est</p><p>e-mail: xaviermalla@gmail.com</p></div> | Note                  |   | <div></div> | CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL |  |  |
|  | Xapa suport del motor |   | <div></div> | PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL    |  |  |
|  | Material              | Alumini 5754  | Volume   | 6.375 mm3   | <div></div> | CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL |
|  | Surf. finish          |   | Alt. Materials   |   | <div></div> | REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL                       |
|  | R.D.A.D.=             |   |  |   | REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION   |  |
|  | Drawing description   |   |  |   | GENERAL TOLERANCES   |  |
| Size   |                       | Unit  | Scale  | DIMENSIONAL GROUP   |  | TOLERANCE  |
| A4   |                       | mm  | 1:1  | 0 - 6   |  | ±0.1   |
|  |                       |  | Sheet  | > 6 - 30  |  | ±0.2   |
|  |                       |   | 1/1  | > 30 - 120  |  | ±0.3   |
| Proj.  |                       | Number  | Rev.   | > 120 - 400   |  | ±0.5   |



| Rev.  | Drw.      | X.Malla | Date | 03/06/18 | Description |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |
|---|-----------|---------|------|----------|-------------|-------------------|-----------|-------|------|----------|------|------------|------|-------------|------|
|   | App.      |         | Date |          |             |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |
| Rev.  | Drw.      |         | Date |          | Description |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |
|   | App.      |         | Date |          |             |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |
| Rev.  | Drw.      |         | Date |          | Description |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |
|   | App.      |         | Date |          |             |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |
| <div><div><div><p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA<br/>INDÚSTRIA I IN-TECH</p><p>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est</p><p>e-mail: xaviermalla@gmail.com</p></div><div><div>Size</div><div>Unit</div><div>Scale</div><div>A4</div><div>mm</div><div>1:5</div><div></div><div>Sheet</div><div>1/1</div></div></div><div><div>Note</div><div>Base</div><div><div>Material</div><div>Alumini 5754</div><div>Volume</div><div>256.177 mm3</div></div><div><div>Surf. finish</div><div></div><div>Alt. Materials</div><div></div></div><div><div>Drawing description</div><div></div></div></div><div><div><div><div><div>CRITICAL DIMENSIONS INDICATED<br/>BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL</div></div><div><div>PROCESS DIMENSIONS INDICATED<br/>BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL</div></div><div><div>CONTROL DIMENSIONS INDICATED<br/>BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL</div></div><div><div>REVISION INDICATOR<br/>CIRCULAR SYMBOL</div></div></div><div><div>R.D.A.D.=</div><div>REAL DIMENSION AFTER<br/>DEFORMATION</div></div></div><div><div><div>GENERAL TOLERANCES</div><table><tr><th>DIMENSIONAL GROUP</th><th>TOLERANCE</th></tr><tr><td>0 - 6</td><td>±0.1</td></tr><tr><td>&gt; 6 - 30</td><td>±0.2</td></tr><tr><td>&gt; 30 - 120</td><td>±0.3</td></tr><tr><td>&gt; 120 - 400</td><td>±0.5</td></tr></table></div></div></div></div> |           |         |      |          |             | DIMENSIONAL GROUP | TOLERANCE | 0 - 6 | ±0.1 | > 6 - 30 | ±0.2 | > 30 - 120 | ±0.3 | > 120 - 400 | ±0.5 |
| DIMENSIONAL GROUP   | TOLERANCE |         |      |          |             |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |
| 0 - 6   | ±0.1      |         |      |          |             |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |
| > 6 - 30  | ±0.2      |         |      |          |             |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |
| > 30 - 120  | ±0.3      |         |      |          |             |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |
| > 120 - 400   | ±0.5      |         |      |          |             |                   |           |       |      |          |      |            |      |             |      |



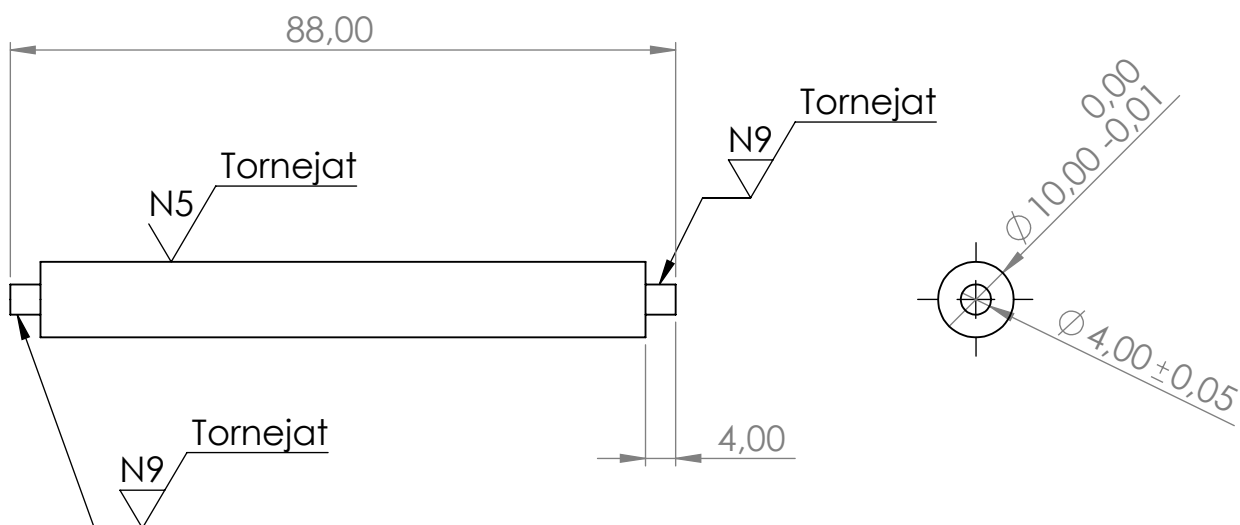
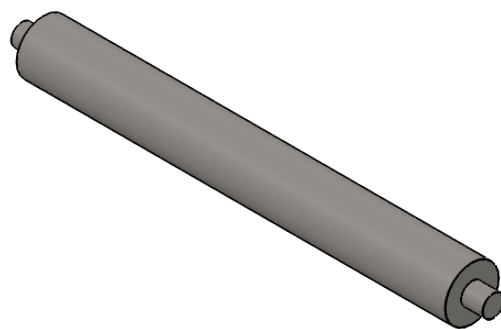
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONA TECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est  
e-mail: xaviermalla@gmail.com




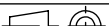
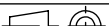

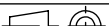



3

2

1



|      |         |          |             |
|------|---------|----------|-------------|
| Rev. | Drw.    | Date     | Description |
|      | X.Malla | 03/06/18 |             |
| Rev. | App.    | Date     | Description |
|      |         |          |             |
| Rev. | Drw.    | Date     | Description |
|      |         |          |             |
| Rev. | App.    | Date     | Description |
|      |         |          |             |

|   |  |  |   |       |  |  |           |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|---|--|--|---|-------|--|--|-----------|-----------|--|-------|-----|------|--|--------------|--|---|
| <div><br/>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA<br/>BARCELONA TECH<br/>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est<br/>e-mail: xaviermalla@gmail.com</div> <div><table><tr><td>Size</td><td>Unit</td><td>Scale</td></tr><tr><td>A4</td><td>mm</td><td>1:1</td></tr><tr><td></td><td>Sheet</td><td>1/1</td></tr></table></div> |  |  | Size  | Unit  | Scale  | A4   | mm        | 1:1       |   | Sheet | 1/1 | Note |  | Eix terciari |  | <div><div></div><div>CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL</div></div> |
|   |  |  | Size  | Unit  | Scale  |  |           |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|   |  |  | A4  | mm    | 1:1  |  |           |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|   |  |  |  | Sheet | 1/1  |  |           |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|   |  |  | Material  |       | 303S31 Acer inox   | Volume   |           | 6.383 mm3 | <div><div></div><div>PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL</div></div> |       |     |      |  |              |  |   |
| Surf. finish  |  |  | Alt. Materials  |       |  | <div><div></div><div>CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL</div></div> |           |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
| Drawing description   |  |  |   |       | <div><div></div><div>REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL</div></div> |  |           |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|   |  |  |   |       | R.D.A.D.= REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION   |  |           |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|   |  |  |   |       |  | GENERAL TOLERANCES   |           |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|   |  |  |   |       |  | DIMENSIONAL GROUP  | TOLERANCE |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|   |  |  |   |       |  | 0 - 6  | ±0.1      |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|   |  |  |   |       |  | > 6 - 30   | ±0.2      |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|   |  |  |   |       |  | > 30 - 120   | ±0.3      |           |  |       |     |      |  |              |  |   |
|   |  |  |   |       |  | > 120 - 400  | ±0.5      |           |  |       |     |      |  |              |  |   |

3

2

1

D

C

B

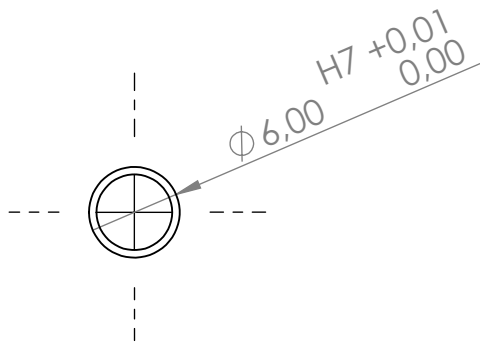
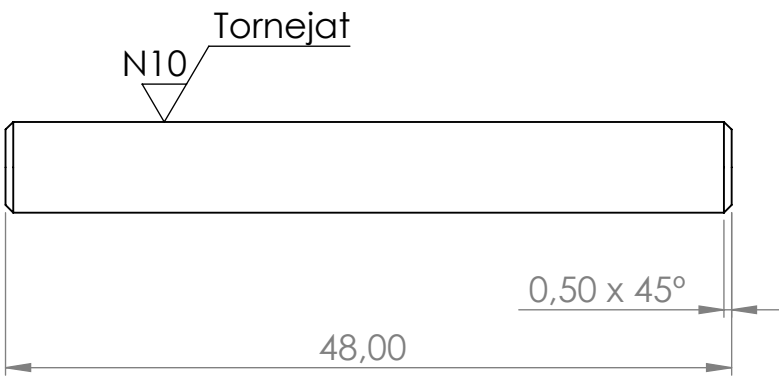
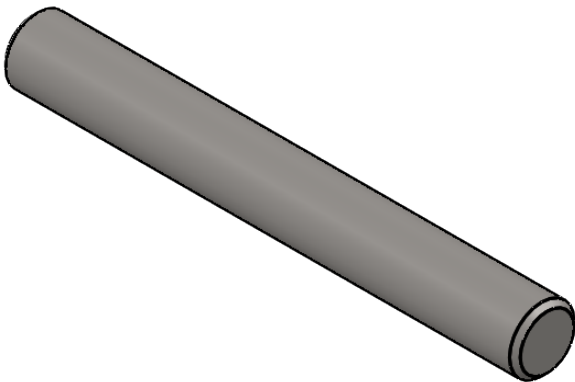
A

D




C

B

A



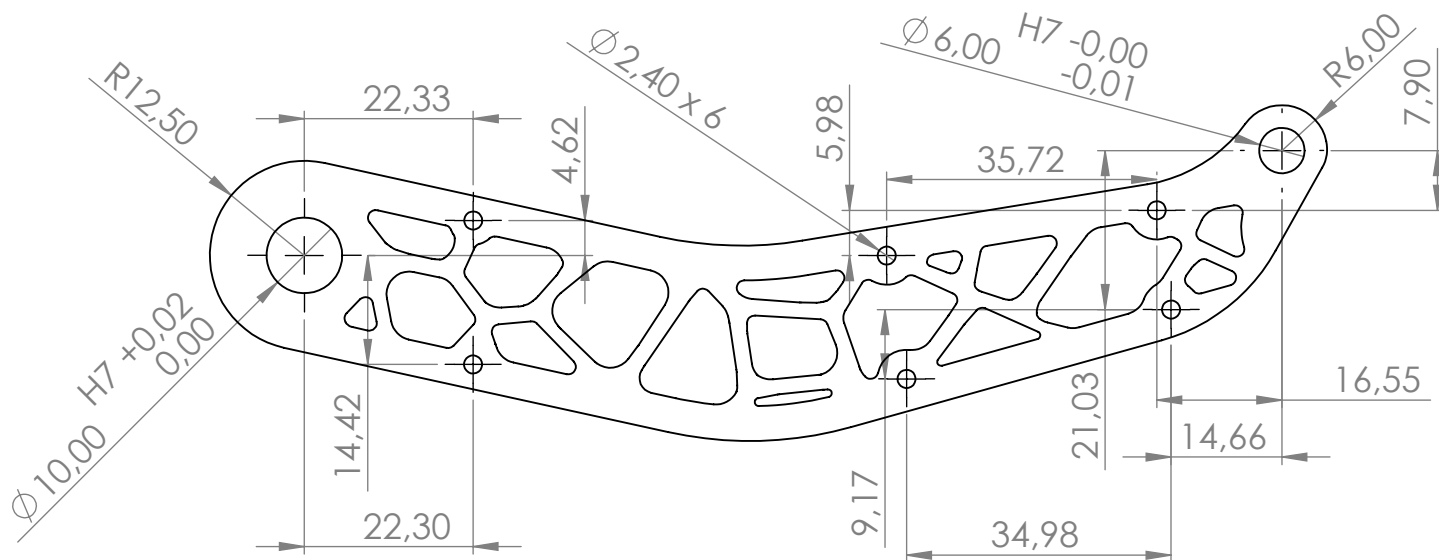
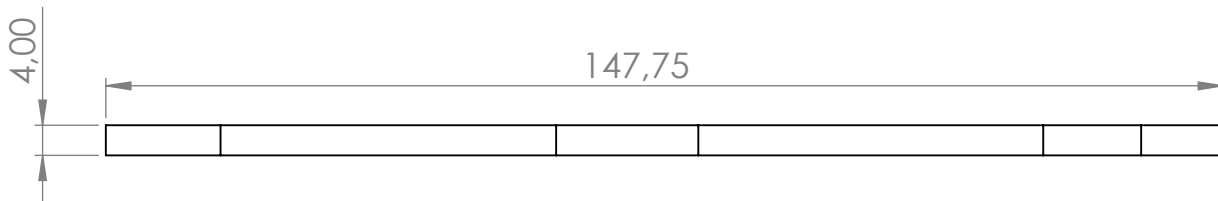
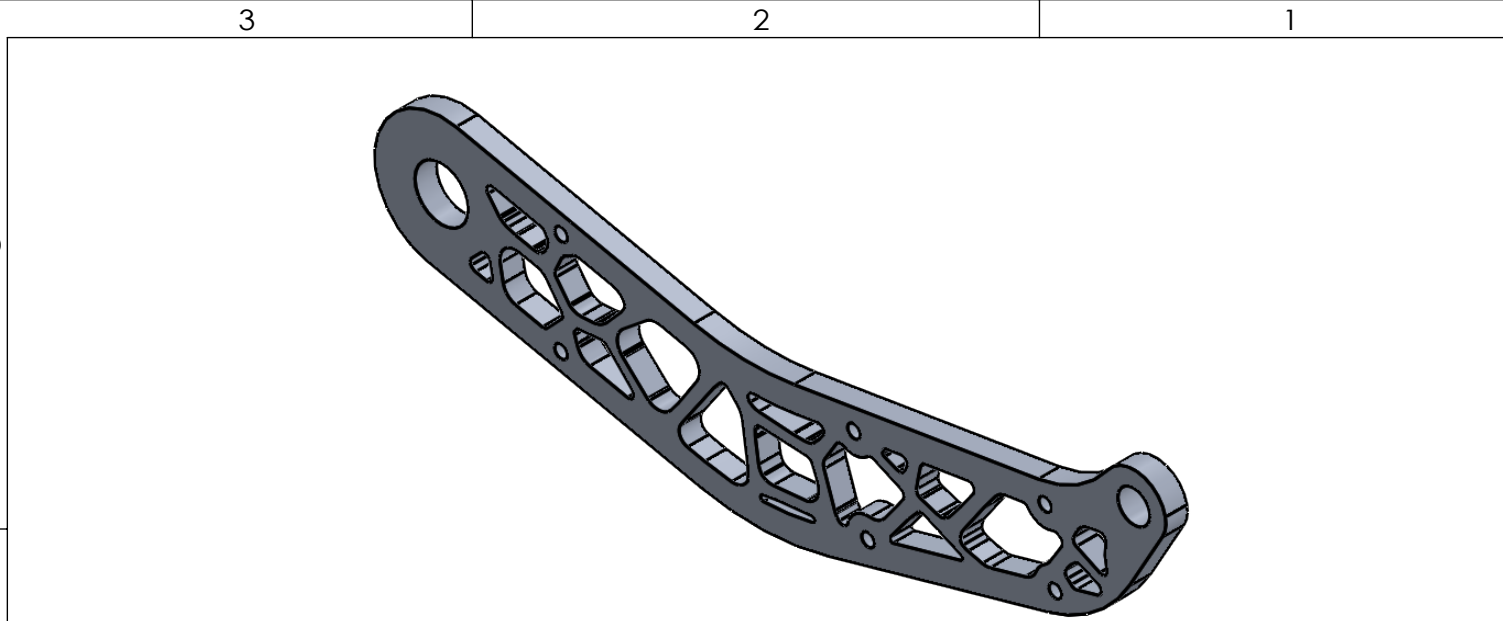
|      |                 |                    |                                 |  |
|------|-----------------|--------------------|---------------------------------|--|
| Rev. | Drw.<br>X.Malla | Date<br>03/06/2018 | Description<br><b>Quart eix</b> |  |
|      | App.            | Date               |                                 |  |
| Rev. | Drw.            | Date               | Description                     |  |
|      | App.            | Date               |                                 |  |
| Rev. | Drw.            | Date               | Description                     |  |
|      | App.            | Date               |                                 |  |

|  |   |                            |   |   |
|--|---|----------------------------|---|---|
| <br>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA<br>BARCELONA TECH<br>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est<br>e-mail: xaviermalla@gmail.com | Note  |                            |  | CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL |
|  |   |                            |  | PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL    |
|  | Material<br><b>Acer inox</b>  | Volume<br><b>1.352 mm3</b> |  | CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL      |
|  | Surf. finish<br><b>N10</b><br> | Alt. Materials             |  | REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL                            |
|  | Drawing description   |                            | R.D.A.D.= REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION  |   |


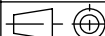
|                   |                   |                     |                     |       |        |      |
|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------|--------|------|
| Size<br><b>A4</b> | Unit<br><b>mm</b> | Scale<br><b>2:1</b> | Sheet<br><b>1/1</b> | Proj. | Number | Rev. |
|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------|--------|------|

| GENERAL TOLERANCES |           |
|--------------------|-----------|
| DIMENSIONAL GROUP  | TOLERANCE |
| 0 - 6              | ±0.1      |
| > 6 - 30           | ±0.2      |
| > 30 - 120         | ±0.3      |
| > 120 - 400        | ±0.5      |





|      |         |            |             |
|------|---------|------------|-------------|
| Rev. | Drw.    | Date       | Description |
|      | X.Malla | 03/06/2018 |             |
| Rev. | App.    | Date       | Description |
|      |         |            |             |
| Rev. | Drw.    | Date       | Description |
|      | App.    | Date       |             |

|  |  |  |                       |       |                           |                    |   |                   |  |           |  |
|--|--|--|-----------------------|-------|---------------------------|--------------------|---|-------------------|--|-----------|--|
| <div></div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</div> <div>BARCELONATECH</div> <div>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est</div> <div>e-mail: xaviermalla@gmail.com</div> |  |  | Note                  |       | <div>Braç secundari</div> |                    | <div><div>▽</div><div>CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL</div></div> |                   |  |           |  |
|  |  |  | Material Alumini 5754 |       | Volume 8.715 mm3          |                    | <div><div>◊</div><div>PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL</div></div>    |                   |  |           |  |
|  |  |  | Surf. finish          |       | Alt. Materials            |                    | <div><div>□</div><div>CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL</div></div>      |                   |  |           |  |
|  |  |  | Drawing description   |       |                           |                    | <div><div>○</div><div>REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL</div></div>                            |                   |  |           |  |
|  |  |  |                       |       |                           |                    | R.D.A.D.= <div>REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION</div>   |                   |  |           |  |
| Size   |  | Unit   |                       | Scale |                           | GENERAL TOLERANCES |   |                   |  |           |  |
| A4   |  | <div></div> |                       | mm    |                           | 1:1                |   | DIMENSIONAL GROUP |  | TOLERANCE |  |
|  |  |  |                       | Sheet |                           | 1/1                |   | 0 - 6             |  | ±0.1      |  |
|  |  |  |                       |       |                           |                    |   | > 6 - 30          |  | ±0.2      |  |
|  |  |  |                       |       |                           |                    |   | > 30 - 120        |  | ±0.3      |  |
|  |  |  |                       |       |                           |                    |   | > 120 - 400       |  | ±0.5      |  |
| Proj.  |  | Number   |                       | Rev.  |                           |                    |   |                   |  |           |  |

D

C

B

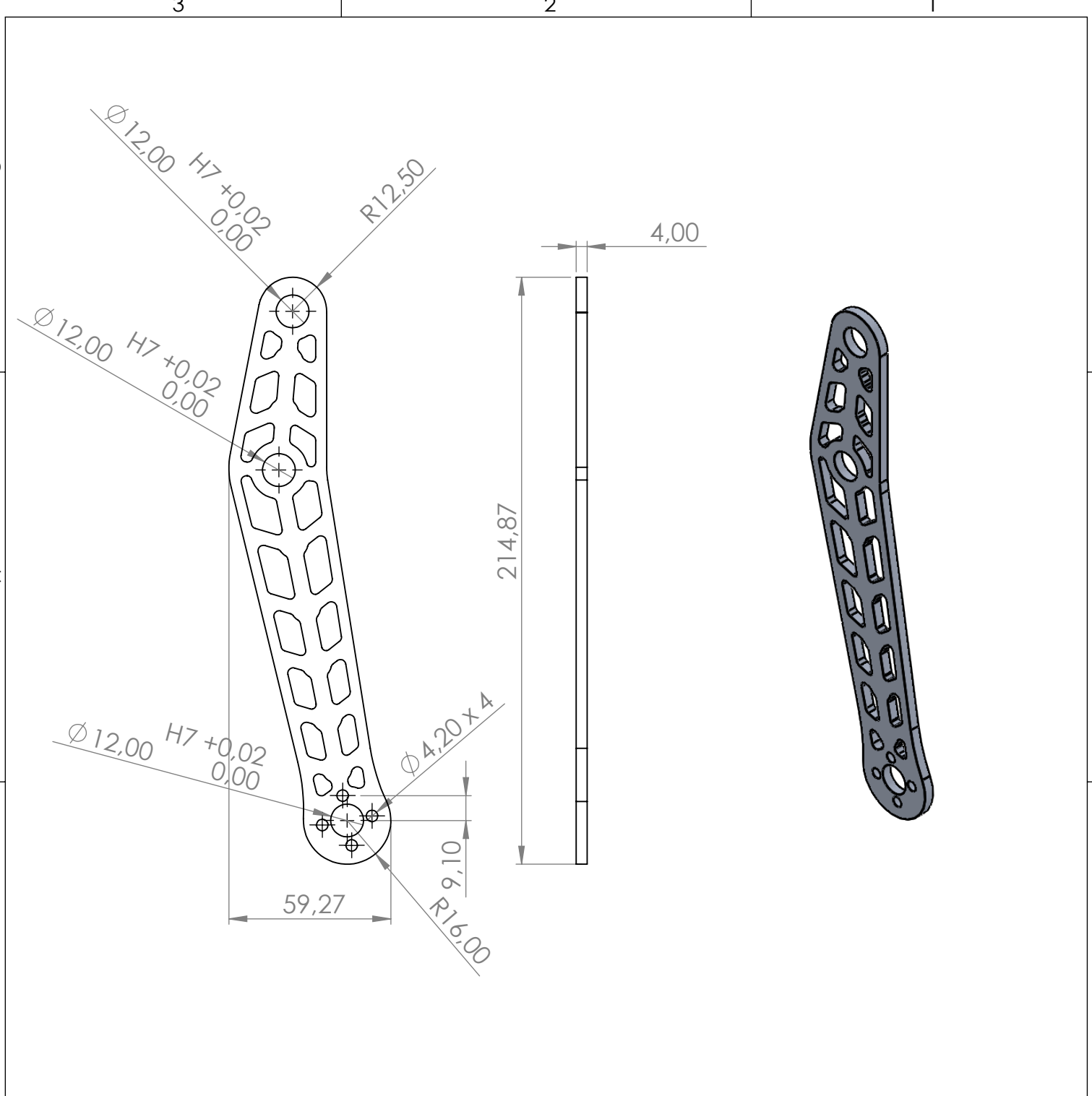
A

D






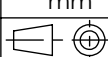
C

B

A



|      |         |          |             |
|------|---------|----------|-------------|
| Rev. | Drw.    | Date     | Description |
|      | X.Malla | 03/06/18 |             |
| Rev. | App.    | Date     | Description |
|      |         |          |             |
| Rev. | Drw.    | Date     | Description |
|      | App.    | Date     |             |

|   |  |   |                       |       |                   |                         |  |   |  |      |  |
|---|--|---|-----------------------|-------|-------------------|-------------------------|--|---|--|------|--|
| <div></div> <div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA<br/>BARCELONATECH</div> <div>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est</div> <div>e-mail: xaviermalla@gmail.com</div> |  |   | Note                  |       |                   | <div>Braç primari</div> |  | <div></div> <div>CRITICAL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED TRIANGULAR SYMBOL</div> |  |      |  |
|   |  |   | Material Alumini 5754 |       | Volume 16.915 mm3 |                         | <div></div> <div>PROCESS DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED RHOMBOID SYMBOL</div> |   |  |      |  |
|   |  |   | Surf. finish          |       | Alt. Materials    |                         | <div></div> <div>CONTROL DIMENSIONS INDICATED BY A NUMBERED SQUARE SYMBOL</div>   |   |  |      |  |
|   |  |   | Drawing description   |       |                   |                         | <div></div> <div>REVISION INDICATOR CIRCULAR SYMBOL</div>                         |   |  |      |  |
|   |  |   |                       |       |                   |                         | R.D.A.D.= <div>REAL DIMENSION AFTER DEFORMATION</div>  |   |  |      |  |
| Size  |  | Unit  |                       | Scale |                   | GENERAL TOLERANCES      |  |   |  |      |  |
| A4  |  | mm  |                       | 1:2   |                   | DIMENSIONAL GROUP       |  | TOLERANCE   |  |      |  |
|   |  |  |                       | Sheet |                   | Proj.                   |  | Number  |  | Rev. |  |
|   |  |   |                       | 1/1   |                   |                         |  |   |  |      |  |
|   |  |   |                       |       |                   |                         |  |   |  |      |  |

| 5               |   |    |
|-----------------|---|----|
| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA  | Nº |
| 1               | Base  | 1  |
| 2               | Eix primari   | 1  |
| 3               | Braç primari  | 2  |
| 4               | Eix secundari   | 1  |
| 5               | Eix tercer  | 1  |
| 6               | Braç secundari  | 2  |
| 7               | Tensador  | 1  |
| 8               | angular contact ball bearing_68_iso_ISO 15 ABB - 104 - 8,SI,NC,8_68 | 2  |
| 9               | Fixació cremallera  | 1  |
| 10              | Soil-Moisture-Sensor-Probe  | 1  |
| 11              | TTPA14T5150-A-P8  | 1  |
| 12              | Gearmotor12v17rpm_1   | 1  |
| 13              | Cremallera  | 1  |
| 14              | Gearmotor12v11rpm   | 1  |
| 15              | Spur_gear_19T   | 1  |
| 16              | Big_spur_gear   | 1  |
| 17              | Carcassa motor  | 1  |
| 18              | ISO 4762 M3 x 10 - 10S  | 20 |
| 19              | ISO 4762 M3 x 16 - 16S  | 4  |
| 20              | ISO 4762 M3 x 8 - 8S  | 1  |
| 21              | socket head cap screw_iso   | 2  |
| 22              | Roda vis sens fi  | 1  |
| 23              | Guia linial   | 2  |
| 24              | Xapa elevadora  | 2  |
| 25              | Corretja  | 1  |
| 26              | Eix quart   | 1  |
| 27              | Unió sonda  | 1  |
| 28              | Proteccio rodament  | 1  |
| 29              | ASSMB P3 DX to SWC_Original   | 1  |
| 30              | Hex Spacer MF M3 L8mm   | 1  |
| 31              | ISO 7719-M5-S   | 1  |
| 32              | ISO 15 ABB - 104 - Full,DE,NC,Full_68                               | 4  |
| 33              | ISO 4017 - M4 x 8-N   | 12 |
| 34              | xapa suport motor   | 1  |
| 35              | TTPA34T5150-A-P10   | 1  |
| 36              | ISO - 4035 - M3 - S   | 14 |
| 37              | F2-B-M3-Pressfit  | 4  |

